

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra částí a mechanismů strojů



Disertační práce

Měření vlastností automobilových sedaček a jejich inovace

**Measuring properties of car seats and its inovation
doktorská disertační práce**

Studijní program: P 2302 Stroje a zařízení

Studijní obor: 2302V010 Konstrukce strojů a zařízení

Doktorand: Ing. Rudolf Martonka

Školitel: doc. Ing. Vítězslav Fliegel, CSc.

Liberec 2009

Poděkování

Doktorská práce vznikla na katedře částí a mechanismů strojů Fakulty strojní Technické univerzity v Liberci s podporou výzkumného záměru MSM 4674788501 financovaného MŠMT ČR a projektů řešených ve spolupráci se ŠkodaAuto a.s.

V této souvislosti bych rád poděkoval vedoucímu katedry prof. L. Ševčíkovi, CSc., pracovníkům laboratoře HDL Ing. A. Lufínkovi, PhD. a J. Válkovi za poskytnuté zázemí při provádění experimentů, Ing. J. Petříkovi, PhD. za odbornou softwarovou pomoc při vyhodnocování měření, doc. Ing. L. Prášilovi, CSc. za cenné rady a odborné připomínky k řešení dílčích problémů.

Také děkuji svému školiteli doc. Ing. V. Fliegelovi, CSc. za vedení, spolupráci při realizaci experimentů a pomoc při dokončování práce. Zvláštní poděkování patří pracovníkům firmy ŠkodaAuto a.s. Ing. R. Minaříkovi a Ing. O. Vopičkovi a firmy Proseat s.r.o. Ing. P. Jandovi za materiální pomoc, bez které by práce nemohla být uskutečněna.

Děkuji také své přítelkyni a rodině, která po několik let trpělivě a s pochopením vnímali moje pracovní zaneprázdnění.

Anotace

Disertační práce řeší problematiku měření vlastností automobilových sedaček s cílem stanovit parametry pro objektivní hodnocení komfortu sezení a jejich inovaci.

Práce obsahuje:

- analýzu možností měření automobilových sedaček v laboratorních podmínkách
- návrhy a konstrukce zkušebních zařízení
- návrhy a ověření zkušebních metodik
- výsledky měření automobilových sedaček evropských koncernů
- teoretický základ pro inovaci automobilové sedačky
- konstrukci a výsledky měření inovované automobilové sedačky

Parametry automobilových sedaček jsou zjišťovány reálným zkoušením jednotlivých vzorků sedaček a některé jsou následně verifikovány v modelovém prostředí. Práce obsahuje databázi statických a dynamických parametrů automobilových sedaček a zejména výsledky laboratorních zkoušek sedaček s lidskou zátěží (pokusnými osobami), které je možno považovat za původní.

Klíčová slova

automobilová sedačka, PU pěna, zkušební zařízení, interakce, vibrace, pevná zátěž, lidská zátěž, výsledky měření

Anotation

The dissertation thesis deals with the issue of the measurement of the parameters of car seats with a view to define parameters for their objective evaluation of seating comfort and their innovation.

The work includes:

- the analysis of the possibilities of the measurement of the features of car seats under laboratory conditions
- design and construction the testing devices
- design and realization of the testing techniques
- the results of the measurement of car seats features from European concerns
- theoretical background for the innovation of the car seat
- the construction and the measurement results of the innovation car seat

Parameters of car seats are found out by the real testing of the particular seat samples and some are consequently verified in model environment. The work includes a database of static and dynamics car seat parameters and especially the results of laboratory seats tests with experimental humans, which can be considered as an original idea.

Key words

car seat, polyurethane foam, testing device, interaction, vibration, hard dummy, human dummy, measurement results

Obsah

Úvod.....	6
Seznam zkratk a názvosloví.....	8
1. Zkušební pracoviště pro výzkum materiálů sedadel a celých automobilových sedaček.....	9
1.1 Zařízení pro zkoušení vzorků materiálů sedadel.....	10
1.2 Zařízení pro zkoušení celých automobilových sedaček.....	16
1.3 Zkušební vzorky, zkušební zátěže (pevná a lidská), zkušební signály, měřicí snímače a záznamová zařízení, metodiky, příklady výsledků zkoušek.....	29
1.4 Závěr.....	54
2. Experimentální výzkum materiálů sedáků a celých automobilových sedaček. Výsledek výzkumu. Použití pro simulace.	55
2.1. Zkoušení vzorků a celých výplní sedáků z PU pěň..	55
2.2. Zkoušení celých sedaček s pevnou zátěží.....	68
2.3. Zkoušení celých sedaček s lidskou zátěží	71
2.4. Zkoušení prodyšnosti celých sedaček	75
2.5. Závěr.....	77
3. Inovace automobilové sedačky – teoretická východiska	78
3.1. Stanovení pracovní výšky sedáku.....	78
3.1.1 Požadavky na vlastnosti sedáku.....	78
3.1.2 Stanovení vibroisolačních parametrů sedáku.....	80
3.2. Dělení výšky sedáku.....	85
3.3. Praktické využití.....	89
3.4. Závěr.....	90
4. Inovace automobilové sedačky – konstrukce prototypu,zkoušky.....	91
4.1. Virtuální prototyp sedačky.....	93
4.2. Reálný prototyp sedačky.....	97
4.3. Prototypové zkoušky inovované sedačky.....	101
4.4. Závěr.....	109
Závěr.....	113
Literatura.....	114

Úvod

Automobilová sedačka je jedním z hlavních míst interakce člověka s automobilem (HMI- Human Machine Interface). Pro posuzování charakteristik soustavy řidič (operátor) – sedačka jsou podstatné ještě spojkový, brzdový a plynový pedál a volant. V interakci jsou ještě další ovládací prvky, které však již méně ovlivňují intenzitu přenosu vibrací na tělo člověka. Automobilová sedačka je jednou z velmi významných součástí automobilu ovlivňujících subjektivní pocity bezpečí a kvality jízdy. Vzhledem k tomu, že po celou dobu jízdy (i během havárie) je s ní člověk (řidič i pasažér), v nepřetržitém kontaktu, je nutné, aby vyhovovala vysokým nárokům na bezpečnost a komfort při jízdě. Objektivním posouzením kvality sezení, zejména zdravotních rizik při interakci automobilové sedačky a člověka, se intenzivně zabývají výrobci všech mobilních prostředků. Výsledky výzkumu jsou pak využívány při tvorbě norem, které se stávají závazné pro danou oblast (výrobce). Špatně navržená sedačka dokáže zcela znepríjemnit pocit z jinak vynikajícího vozu. Měla by být navržena tak, aby poskytovala řidiči maximální pohodlí při jízdě a zároveň, aby v dlouhodobém časovém měřítku její tvar a intenzita přenosu vibrací trvale nepoškozovaly lidský organismus. To znamená, že její vlastnosti by měly být z hlediska statického komfortu (např. rozložení tlaku v kontaktní zóně) a dynamického komfortu (např. přenosové charakteristiky) v optimálním kompromisu. Získávání experimentálních výsledků je velice časově i finančně náročné. Jednak je nutné zkoušet jejich jednotlivé komponenty a následně také celé sedačky v interakci s pasivní (harddummy) i aktivní (lidskou) zátěží (humandummy). Protože se v posledním případě jedná o pokusy s lidmi, musí být tyto prováděny přesně podle platných norem. Samozřejmě, že s použitím počítačového modelu lze efektivněji dosahovat požadované cílové hodnoty a pokusy s lidmi minimalizovat pouze na ověřovací, avšak vstupní hodnoty pro tyto simulace musí být získány experimentálně. Proto je zjišťování přenosových vlastností v místě vzájemného působení sedačky na pokusnou osobu tak důležité a potřebné.

Sledovaná problematika je předmětem zkoumání na řadě pracovišť výzkumných ústavů, vysokých škol a zejména automobilových firem.

Analýzou přenosu mechanických vibrací do automobilové sedačky se velmi rozsáhle zabývá ve své práci Griffin [33]. Mansfield [32] ve své monografii popisuje interakci sedícího člověka a sedačky a velmi podrobně všechny příslušné evropské standardy.

Problematiku zkoušení celých sedaček řeší ve své disertační práci Petřík [24], ve které popisuje tvorbu simulačního modelu sedačky a zátěže a na základě simulací získává závislosti interakce sedačky a zátěže ve statické oblasti.

Mechanické vlastnosti PU pěny popsal ve své disertační práci Círk [23]. Zabývá se však pouze analýzou vzorku z PU pěny při jeho namáhání proti tuhé podložce a v omezeném frekvenčním pásmu.

Z analýzy současného stavu poznání vyplývají závěry, že řada výsledků je pečlivě strážena jednotlivými výrobci (obchodně-strategické tajemství) a je prakticky nedostupná pro veřejnost. Ze zveřejněných výsledků je patrné, že zkoušky jsou zpravidla prováděny jako



kontrolní, ověřující splnění závazných norem. Tyto normy jsou nejčastěji orientovány na bezpečnost (např. crash testy). Ucelenou práci o vlastnostech automobilových sedaček, kterými by bylo možné objektivně hodnotit kvalitu sezení jsem nenalezl.

Cíle disertační práce

Hlavními cíli disertační práce byla realizace zkušebních zařízení a pracovišť, návrh a ověření zkušebních metodik pro analýzu interakce sedačky a pevné či lidské zátěže a dále měření parametrů, vhodných pro objektivní hodnocení kvality (komfortu) sedaček z hlediska interakce lidského těla (řidiče, pasažéra) a sedačky. Dalším cílem práce je konstrukční inovace doplněním soustavy sedačky o pasivní prvky zvyšující její vibroisolační schopnosti.

Podrobnou analýzou výsledků měření sedaček bude možné definovat kritéria jejich kvality (hodnotící matice) a také vytvořit zdrojová data pro simulační procesy. Všechny tyto poznatky bude možné využít při vývoji nových konstrukcí sedaček nebo při inovaci již vyráběných sedaček. Prostor pro inovaci sedaček je v oblasti komfortu sezení a bezpečnosti.

Práce je rozdělena do čtyř kapitol. V první kapitole jsou popsána všechna zkušební zařízení, zkušební zátěže, použité snímače a záznamová zařízení. V této kapitole je též uveden úplný přehled zkušebních metodik. Ve druhé kapitole jsou uvedeny všechny dosažené výsledky provedených zkoušek. Ve třetí kapitole je teoretický popis vícevrstvé sedačky a návrh možného inovačního řešení. Ve čtvrté kapitole je navržen prototyp inovované sedačky, popsána výroba a výsledky prototypových zkoušek, jsou navrženy postupy další inovace.

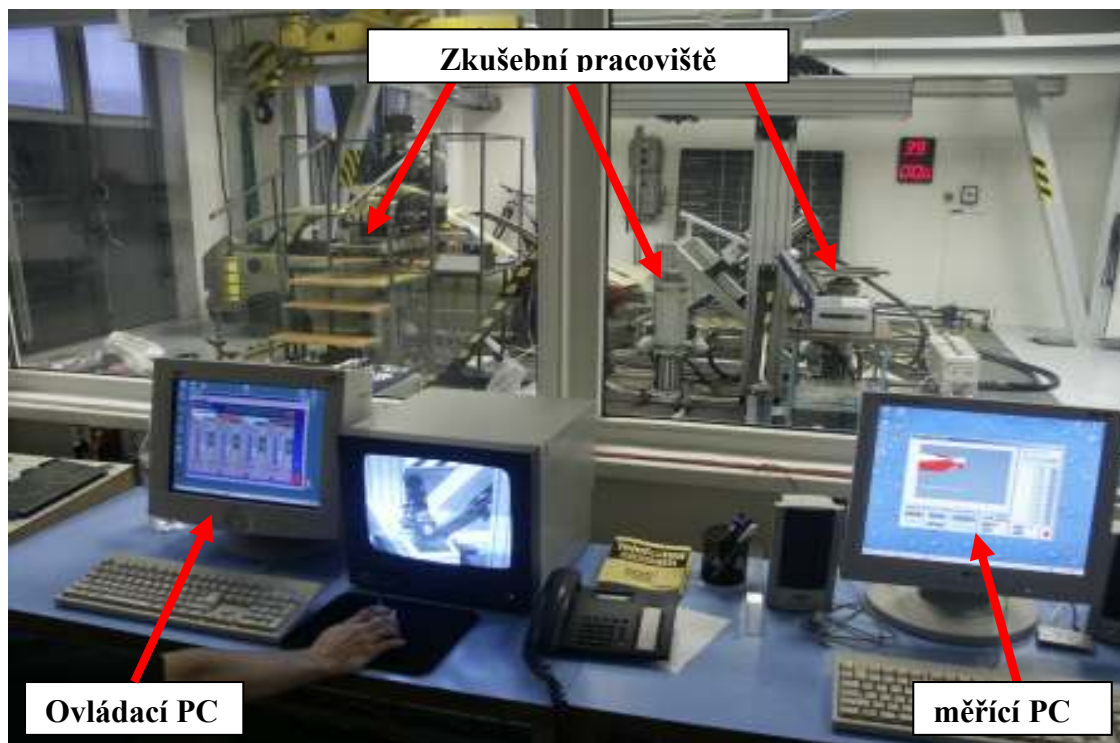


Seznam zkratk a názvosloví

HDL	Hydro Dynamická Laboratoř
HDB	Hydro Dynamický Budič
SAG faktor	faktor komfortu
sedačka	automobilová sedačka
sedák	automobilový sedák
výplň	PU poduška sedáku
VVP	Vertikální vibrační plošina
A	amplituda kmitů
B	tlumení
B_{krit}	kritické tlumení
E_v	energie soustavy
E_{DIS}	energie disipovaná
F	zatěžující síla
F_1, F_2, \dots, F_i	síla v první, druhé, i-té vrstvě
F_c	celková síla působící na všechny vrstvy
F_0	počáteční síla při nulové deformaci
K	tuhost
K_1, K_2, \dots, K_i	tuhost první, druhé, i-té vrstvy
K_c	celková tuhost
M	hmotnost zátěže
T	přenosová funkce
T_{max}	přenos
a	zrychlení
a_0, a_1, \dots, a_i	konstanty polynomů
f	frekvence
f_0	vlastní rezonanční frekvence
x	deformace, proměnná ve vzorcích
Δx	interval deformace
δ	součinitel disipace energie
ξ	poměrný útlum
ω	úhlová rychlost
ω_0	vlastní (rezonanční) úhlová rychlost

1. Zkušební pracoviště pro výzkum materiálů sedadel a celých automobilových sedaček

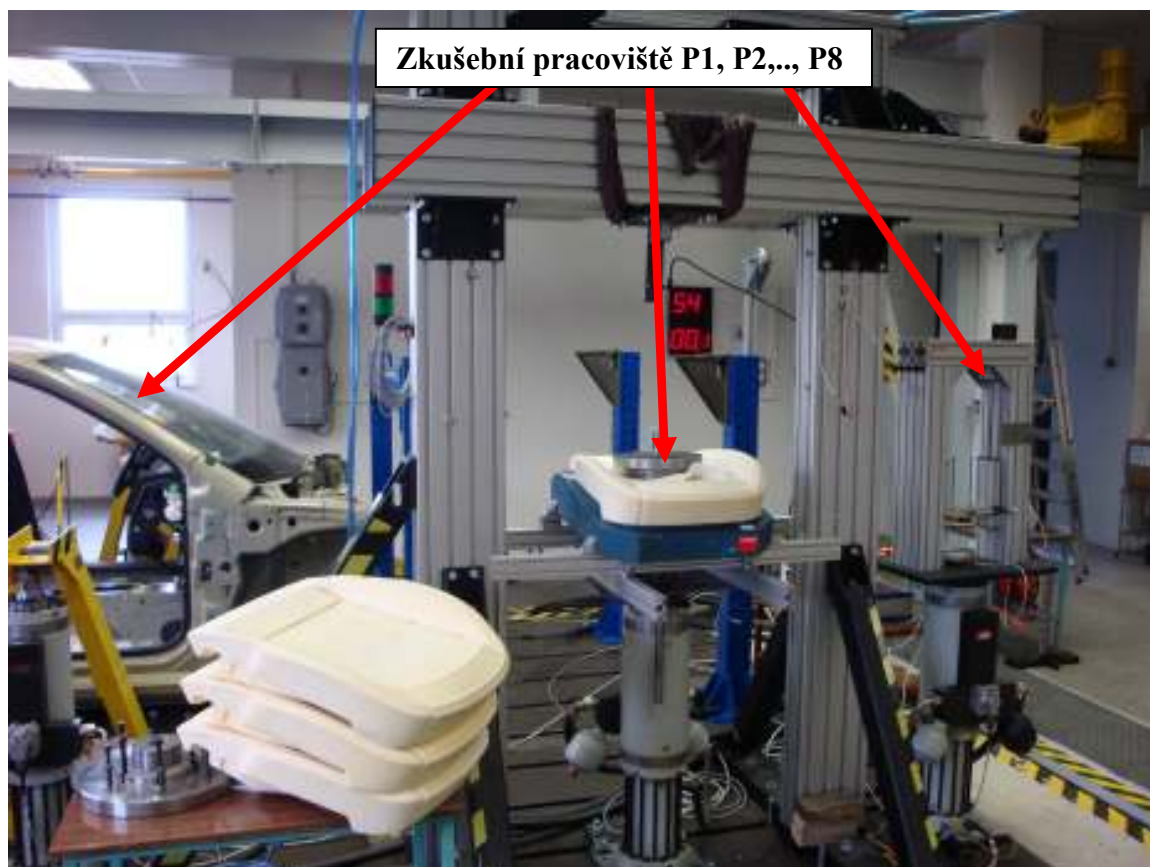
Pro hodnocení materiálů sedadel a celých automobilových sedaček bylo nutné zkonstruovat a vyrobit zkušební zařízení pro jejich statické a dynamické zatěžování a ověřit navržené zkušební metodiky. Všechna zkušební zařízení jsou umístěna v hydrodynamické laboratoři (HDL) katedry částí a mechanismů strojů a společně vytváří zkušební pracoviště pro výzkum automobilových sedaček, (obr.1-1). Jako zdroje dynamického pohybu jsou používány hydrodynamické budiče (HDB), typ AG 25 – 100 M06 a řídicí systém firmy INOVA Praha spol. s r.o.



Obr. 1– 1. Zkušební pracoviště pro výzkum automobilových sedaček v HDL

V průběhu řešení vzniklo několik unikátních zařízení (obr.1–2), z nichž některá jsou chráněna autorskými právy a byla navržena a zhotovena řada zkušebních závaží, tvarovek a definována lidská zátěž. Dále jsou v této kapitole uvedeny testovací signály, používané snímače, příklady výsledků zkoušek a zkušebních protokolů.

- [1] Fliegel, V.: Study of car seat and human rheology.
- [4] Martonka, R.: Comfort and safety of driver – test device
- [5] Fliegel, V.: Creation optimal conditions seating – necessary requirement development mobile vehicles.
- [8] Fliegel, V.: Diagnostic techniques – Vibration test device car seat.
- [9] Martonka, R.- Fliegel, V.: Construction vibratory device – Forces effect in joints members.
- [10] Fliegel, V.- Martonka, R.: Biomechanics system – Human and seat.
- [11] Fliegel, V.: Sit quality – testing on people.
- [14] Martonka, R.,: Realizácia skúšobného vibračného zariadenia.
- [15] Fliegel, V. - Martonka, R.: Automobile seats - simulation characteristics seats.
- [16] Fliegel, V. - Martonka, R.: Experimental measuring properties of filling material car seat – measuring device.
- [22] Martonka, R - Fliegel, V.: Experimental measuring properties of visco-elastic material – measuring device
- [34] Fliegel V., Martonka R. Zkušební vibrační plošina, zejména pro měření vlivu vibrací na člověka [užitný vzor].



Obr. 1–2. Jednotlivá zkušební zařízení

1.1. Zařízení pro zkoušení vzorků materiálů sedadel

Materiály automobilové sedačky musí splňovat požadavky bezpečnosti a komfortu sezení. Bezpečnost je určena příslušnými normami, avšak komfort sedaček je doposud definován subjektivním pocitem jejího uživatele. Lze předpokládat, že na základě znalostí jistých měřitelných parametrů jednotlivých dílů sedadla a sedačky jako celku bude možné predikovat výsledek subjektivního hodnocení uživatele sedačky. Objektivně měřitelné parametry by mělo být možné následně optimalizovat a dosahovat tak stále lepšího hodnocení komfortu sezení. Korelace mezi objektivními parametry a subjektivním pocitem je jedním z důležitých nástrojů inovace sedaček.

Všechna provedená měření byla využita především k určení cílových výrobních specifikací. Obecný postup spočívá ve třech krocích: vytvoření seznamu fyzikálně měřitelných parametrů, provedení benchmarkingu konkurenčních výrobků a definování ideálních nebo kritických hodnot. Zjištěné materiálové vlastnosti jsou také následně používány v simulačních modelech.

a) Zařízení pro zkoušení vzorků polyuretanových (PU) pěn (pracoviště P1)

Na obr. 1–3 je zkušební zařízení pro určování vlastností PU pěn na vzorcích o velikosti 100x100x50mm. Vedle nejčastěji zkoušené PU pěny, byly zjišťovány vlastnosti i sendvičových (více vrstev pěn s různými vlastnostmi) nebo kompozitních materiálů (silikonová mřížka vyplněná PU pěnou). Pevný rám zkušebního zařízení je zhotoven

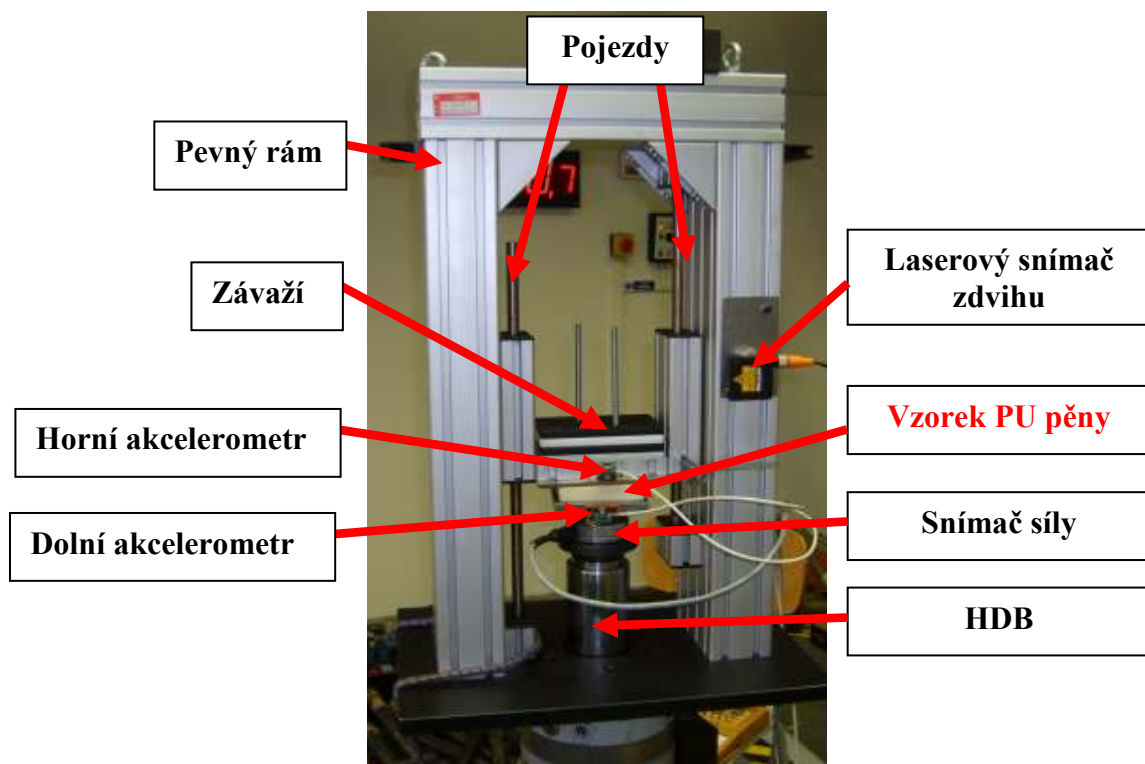


z profilů Profil 8 (120x80mm) a jejich spojení je provedeno standardními prvky typu Winkelsatz (80x80mm), které zajišťují jeho dostatečnou tuhost, od firmy Haberkorn Ulmer spol. s r.o. Celkové rozměry rámu jsou 1000x600x200mm. Rám je upevněn na ocelové základně o tloušťce 30mm, vyrobené plazmovým řezáním. Na základně jsou speciální kotevní prvky pro ukotvení rámu a celého zkušebního zařízení na HDB. Pro měření síly jsou používány snímače typu K-S firmy GTM spol. s r.o., (obr.1–48), pro měření deformace optický snímač polohy typu BOD26 K- LB05-S 115-C firmy Balluff spol. s r.o., (obr. 1–52) a pro měření zrychlení slouží snímače zrychlení typu ADXL 330Z firmy Analog Device Inc., (obr. 1–51).

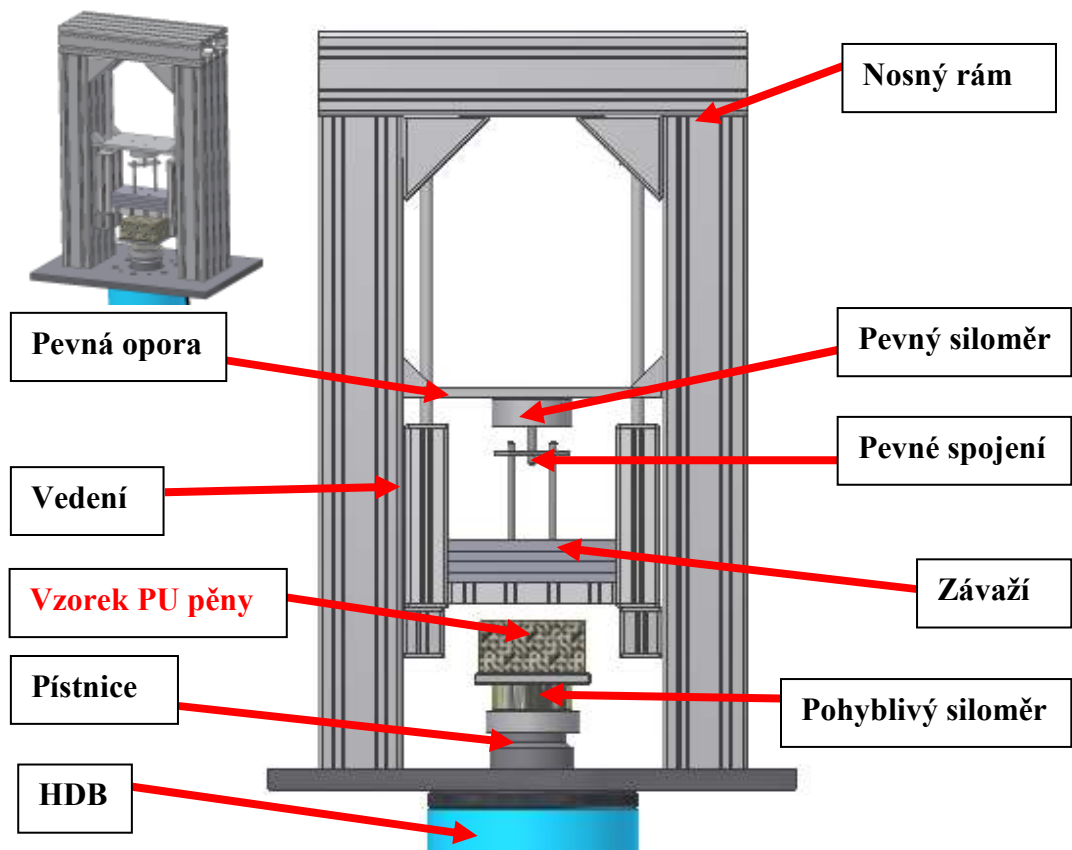
Pro tyto zkoušky byly vypracovány čtyři metodiky:

- 1) Metodika M1.1 je založena na postupném stlačování vzorku od 0 do 40mm (od 0 do 80%) s krokem stlačování 5mm a časovým mezi intervalem relaxace od 5 minut do 4 hodin proti pevné podložce, metoda konstantní deformace (horní opěrná deska se nepohybuje). Touto metodikou je zjišťován pokles napětí v závislosti na čase, tzv. relaxace napětí.
- 2) Metodika M1.2 je založena na postupném zatěžování vzorku statickou pevnou zátěží (spodní opěrná deska se nepohybuje) a časovým mezi intervalem relaxace od 5 minut do 4 hodin. Při této metodice je zjišťován změna deformace v závislosti na čase, tzv. tečení materiálu.
- 3) Metodika M1.3 je založena na zatěžování vzorku pevnou zátěží při dynamickém pohybu. Horní plošina je uvolněna. Vertikální pohyb zátěže a horní plošiny je zabezpečen lineárním vedením (pojezdy). Spodní plošina je buzena kmitavým pohybem, který je přenášen přes měřený vzorek do horní plošiny se závažím. Jako zátěž jsou používány váhově kalibrované ocelové desky o rozměrech 145x90x10mm, celková dovolená hmotnost zátěže je 10kg (obr. 1–37). Při této metodice je zjišťována přenosová charakteristika.
- 4) Metodika M1.4 je založena na stlačování vzorku proti pevné podložce rychlostí 100 mm/min do 80% stlačení vzorku. Při této metodice je zjišťována hodnota disipované mechanické energie.

Měřený vzorek je vždy vkládán mezi dvě rovnoběžné leštěné desky. Při dynamických zkouškách musí být zachován vertikální pohyb zátěže, nesmí docházet k jejím výkyvům či rotacím. K jejich zamezení byly použity lineární vedení typu Kugelhülsenblock 8D14 firmy Haberkorn Ulmer spol. s r.o. Na obr. 1–4 je virtuální model tohoto zkušebního zařízení.



Obr. 1–3. Zkušební zařízení – pracoviště P1



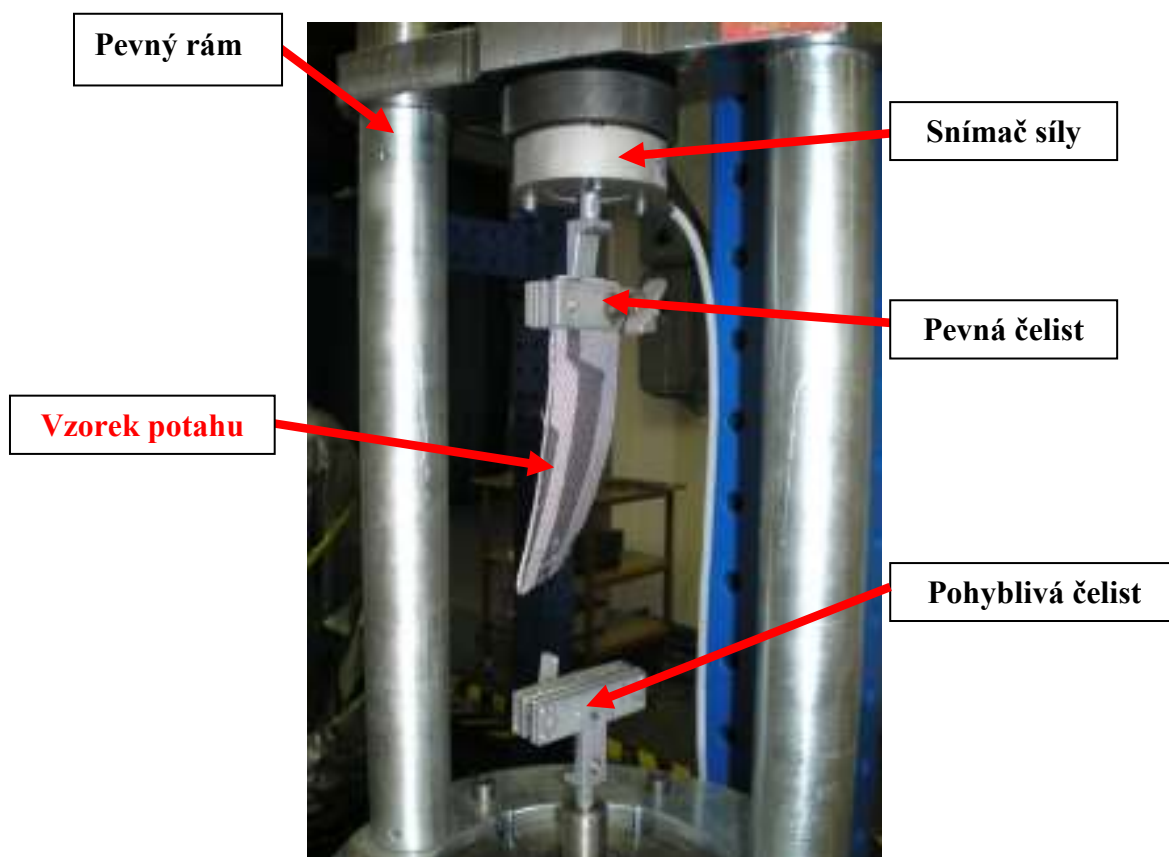
Obr. 1–4. Zkušební zařízení – pracoviště P1 – virtuální model

b) Zařízení pro zkoušení vzorků potahů sedadel (pracoviště P2)

Na obr. 1–5 je zařízení pro zkoušení vzorků potahů sedadel z textilních materiálů o rozměrech 100x50x5mm při jednoosé napjatosti. Nejčastěji jsou vzorky potahů tkané, avšak byly také zjišťovány vlastnosti pletených potahů nebo kompozitních potahů (silikonová síťka). Měřený vzorek je vždy vkládán mezi dvě rovnoběžné kleštiny.

Pro tyto zkoušky byly vypracovány tři metodiky.

- 1) Metodika M2.1 je založena na postupném natahování vzorku od 0 do 80% (nebo do přetržení) s krokem 5mm a časovým mezi intervalem relaxace od 5 minut do 4 hodin, metoda konstantní deformace (horní kleština stojí). Při této metodice je zjišťován pokles napětí v závislosti na čase, tzv. relaxace napětí.
- 2) Metodika M2.2 je založena na zatěžování vzorku v dynamice. Spodní kleštinou je vykonáván míjivý cyklický pohyb s definovaným proměnlivým signálem, horní kleština stojí. Při této metodice je zjišťována silová dynamická charakteristika materiálu.
- 3) Třetí metodika M2.3 je založena na napínání vzorku od 0 do 80% (nebo do přetržení) rychlostí 100mm/min. Měří se je hodnota maximální síly a deformace při přetržení vzorku. Měřený vzorek je vždy vkládán mezi dvě rovnoběžné kleštiny.



Obr. 1–5. Zkušební zařízení – pracoviště P2



c) Zařízení pro zkoušení vzorků potahů při dvouosé napjatosti - (pracoviště P3)

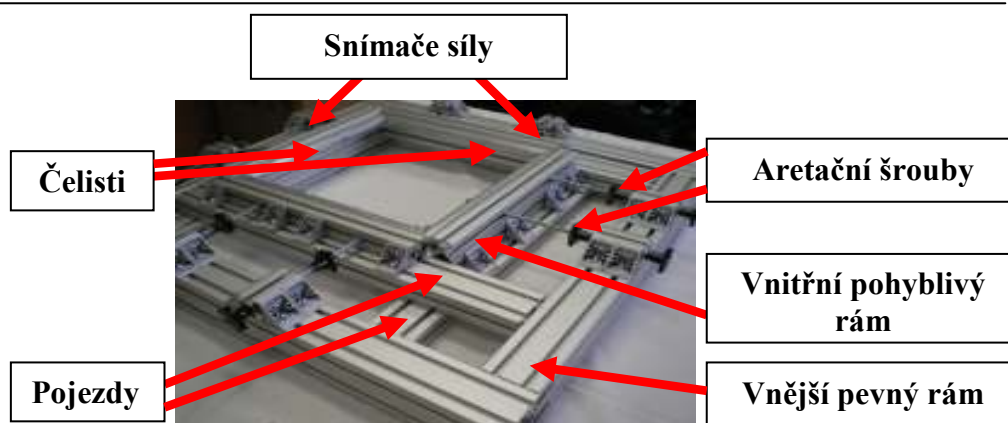
Na obr. 1–6 je zařízení určené pro zkoušení vzorků potahů při dvouosé napjatosti o velikosti 600x600mm. Nejčastějším materiálem vzorků je tkaná textilie, ale také různé pleteniny nebo kompozitní sítky (silikonové mřížky). Rám je zhotoven ze standardních prvků typu Automatic-Verbindungssatz 8 firmy Haberkorn Ulmer spol. s r.o., které zajišťují jeho dostatečnou tuhost. Celkové rozměry zařízení jsou 900x900x200mm. Rám je upevněn na ocelové základně o tloušťce 30mm, vyrobené plazmovým řezáním. Na základně jsou vytvořeny speciální kotevní místa pro ukotvení rámu a celého zkušebního zařízení na HDB. Napínání v obou směrech je realizováno šrouby s aretací. Vnitřní rám je konstruován jako pohyblivý, nezávisle v obou směrech. Pohyb vnitřního rámu zabezpečují vedení typu Nutrollen 8 L a Nutrollen 8 F firmy Haberkorn Ulmer spol. s r.o. Pro zajištění volného pohybu zkoušeného materiálu bylo vyřešeno jeho originální upínání, které umožňuje napnutí materiálu a současnou volnost jeho pohybu v podélném a příčném směru. Tak je zajištěno rovnoměrné napnutí zkoušeného materiálu po celé jeho délce a šířce a nedochází ke koncentraci napětí a nerovnoměrné deformaci u okrajů v místě uchycení. Materiál je rovnoměrně napínán v celém svém objemu. Pro měření síly jsou využívány snímače typu RSCAC1 /100kg firmy HBM Inc., (obr. 1–49).

Pro tyto zkoušky byly vypracovány tři metodiky:

1) Metodika M3.1 je založena na postupném napínání vzorku konstantní silou v rozsahu 0 až 500 N, stejnou v podélném i příčném směru. Vzorek je zatěžován volně uloženou pevnou zátěží při dynamickém pohybu. Spodní plošina je buzena kmitavým pohybem, který je přenášen přes měřený vzorek do pevné zátěže. Zátěž se skládá z tvarovky a ocelových desek. Ocelové desky jsou váhově kalibrované na hmotnost 10 kg (obr.1–42), celková dovolená hmotnost zátěže je 100kg. Při této metodice je zjišťována přenosová charakteristika.

2) Metodika M3.2 je založena na postupném napínání vzorku konstantní silou v rozsahu 0 až 500 N, rozdílnou v podélném i příčném směru. Vzorek je zatěžován volně uloženou pevnou zátěží při dynamickém pohybu. Spodní plošina je buzena kmitavým pohybem, který je přenášen přes měřený vzorek do pevné zátěže. Zátěž se skládá z tvarovky a ocelových desek. Ocelové desky jsou váhově kalibrované na hmotnost 10 kg (obr.1–42), celková dovolená hmotnost zátěže je 100kg. Při této metodice je zjišťována přenosová charakteristika.

3) Metodika M3.3 je založena na postupném zatěžování vzorku konstantní silou v rozsahu 0 až 500 N, stejnou v podélném a příčném směru. Pod tímto vzorkem je napínán další vzorek napínaný konstantní silou v rozsahu 0 až 500 N pouze v podélném směru. Vzorek je zatěžován volně uloženou pevnou zátěží při dynamickém pohybu. Spodní plošina je buzena kmitavým pohybem, který je přenášen přes měřený vzorek do pevné zátěže. Zátěž se skládá z tvarovky a ocelových desek. Ocelové desky jsou váhově kalibrované na hmotnost 10 kg (obr.1–42), celková dovolená hmotnost zátěže je 100kg. Při této metodice je zjišťována přenosová charakteristika.



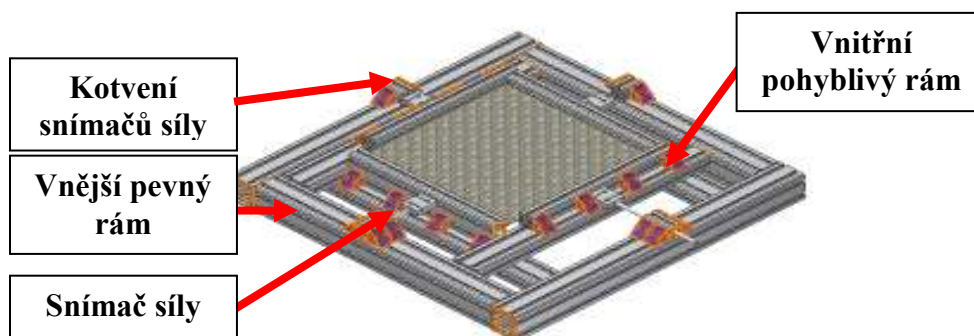
Obr. 1–6. Zkušební zařízení – pracoviště P3



Obr. 1–7. Zkušební zařízení – pracoviště P3 – pohybová strana vnitřního rámu



Obr. 1–8. Zkušební zařízení – pracoviště P3 – nepohyblivá strana vnitřního rámu



Obr. 1–9. Zkušební zařízení – pracoviště P3 – virtuální model

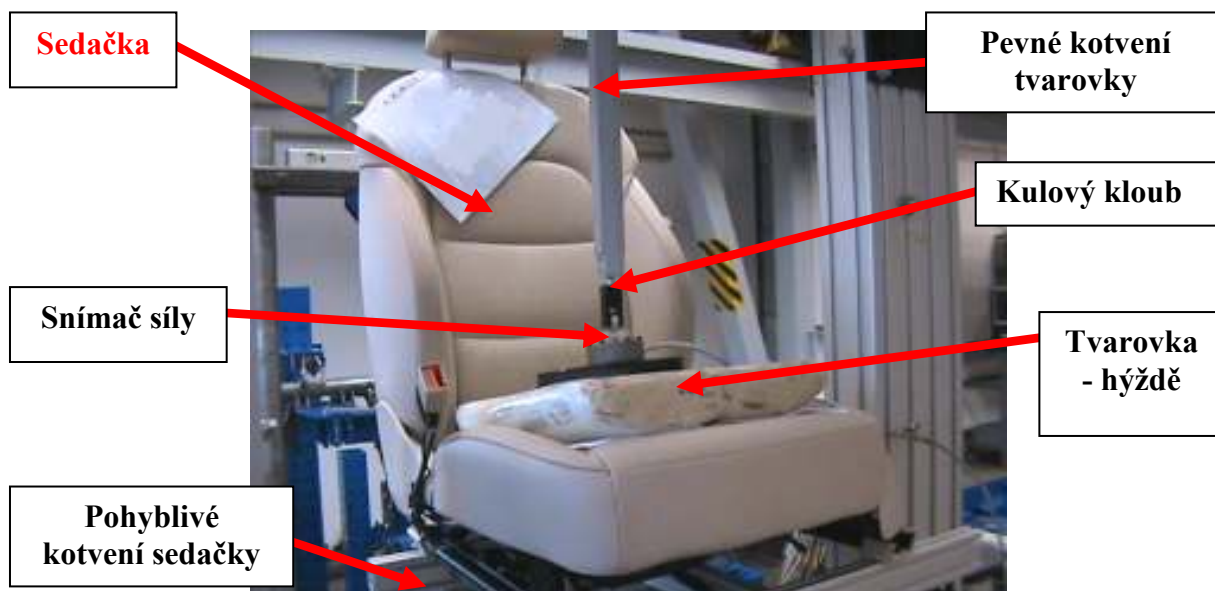
1.2. Zařízení pro zkoušení celých automobilových sedaček

a) Zkušební zařízení sedaček zatěžovaných staticky (pracoviště P4)

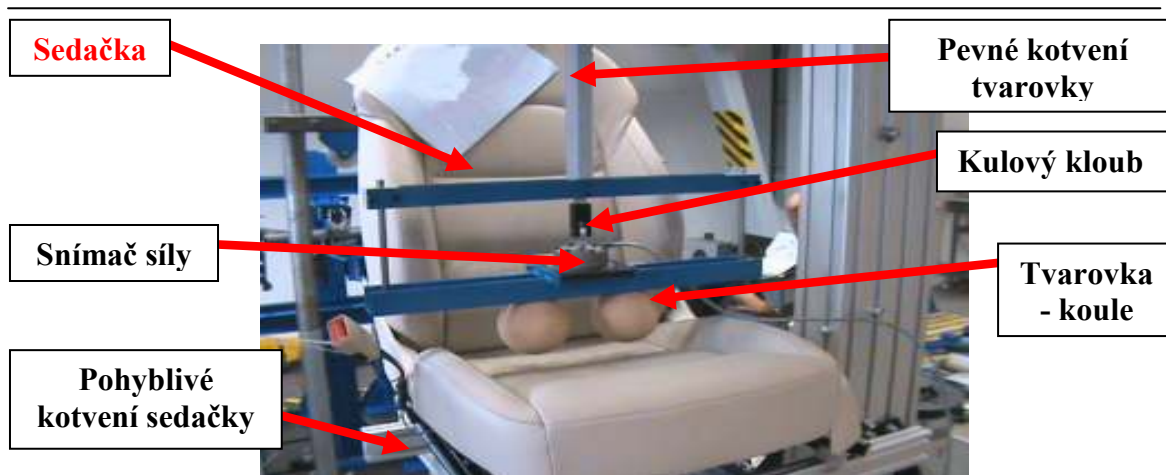
Na obr. 1–10 a obr. 1–11 jsou zkušební zařízení určená pro zkoušení celých automobilových sedaček zatěžovaných staticky. Pevný rám je zhotoven z profilů typu Profil 12 (240x120mm) a spojení rámu je provedeno standardními prvky typu Winkel 12 (240x240mm), které zajišťují jeho dostatečnou tuhost rámu. Celkové rozměry zařízení jsou 2000x500x3000mm. Na píst hydromotoru je namontován pohyblivý rám vyrobený obdobně z profilů typu Profil 6 (60x30mm) a spojení profilů rámu je provedeno standardními prvky typu Winkel 6 (30x30mm). Celkové rozměry pohyblivého rámu jsou 1000x1000x120mm. Na pohyblivý rám se upevňuje zkoušená sedačka. Všechny prvky, z nichž jsou rámy vyrobeny pocházejí od firmy Haberkorn Ulmer spol. s r.o. Pro měření síly jsou použity snímače typ K–S firmy GTM spol. s r.o., (obr.1–48) a pro měření deformace snímače polohy typu LVDT integrované do HDB.

Pro tyto zkoušky byly vypracovány tři metodiky:

- 1) Metodika M4.1 je založena na postupném vtlačování sedačky do pevně ukotvené tvarovky ve tvaru hýždí v rozsahu zdvihu 0 až 30mm, krokem 5mm a časovým meziintervalem relaxace od 5 minut do 4 hodin, metoda konstantní deformace. Při této metodice je měřena změna napětí v závislosti na čase, tzv. relaxace napětí.
- 2) Metodika M4.2 je identická, pouze je používána tvarovka v podobě dvou šířkově stavitelných koulí.
- 3) Metodika M4.3 je založena na vtlačování sedačky do pevně ukotvené tvarovky ve tvaru hýždí rychlostí 100mm/min v rozsahu 0 až 30 mm. Při této metodice je zjišťována hodnota disipované mechanické energie.



Obr. 1–10. Zkušební zařízení – pracoviště P4 – tvarovka T 4.1



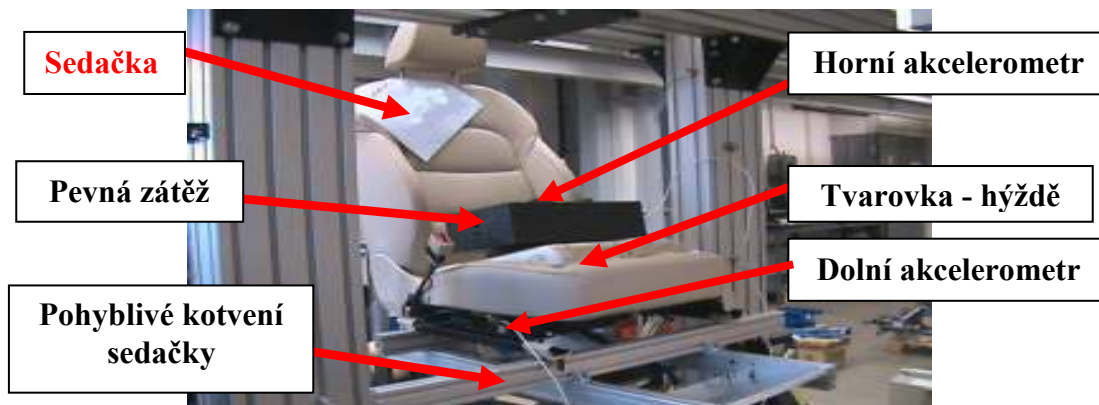
Obr. 1–11. Zkušební zařízení – pracoviště P4 – tvarovka T 4.2

b) Zařízení pro zkoušení celých sedaček s pevnou zátěží zatěžovaných dynamicky (pracoviště P5)

Na obr. 1–2 je zkušební zařízení určené pro zkoušení celých sedaček zatěžovaných dynamicky pevnou zátěží. Pevný rám je zhotoven z profilů typu Profil 12 (240x120mm) a spojení profilů rámu je provedeno standardními prvky typ Winkel 12 (240x240mm), které zajišťují jeho dostatečnou tuhost. Celkové rozměry zařízení jsou 2000x500x3000mm. Na píst HDB je namontován pohyblivý rám, který je obdobně sestaven z profilů typu Profil 6 (60x30mm) a spojení profilů rámu je provedeno standardními prvky typ Winkel 6 (30x30mm). Celkové rozměry tohoto rámu jsou 1000x 1000x120mm, na který je upevněna zkoušená sedačka. Všechny prvky, z nichž jsou rámy vyrobeny, pocházejí od firmy Haberkorn Ulmer spol. s r.o. Pro měření zrychlení jsou použity snímače zrychlení typ ADXL330Z firmy Analog Device Inc. (obr. 1–51).

Pro tyto zkoušky byla vypracována jedna metodika:

- 1) Metodika M5.1 je založena na zatěžování sedačky pevnou zátěží při dynamickém pohybu. Spodní plošina je buzena kmitavým pohybem, který je přenášen přes měřenou sedačku do pevné zátěže. Na sedačku je volně uložena pevná zátěž, která se skládá z tvarovky a ocelových desek. Ocelové desky jsou váhově kalibrovány na hmotnost 10 kg (obr.1–42), celková dovolená hmotnost zátěže je 100kg. Při této metodice je zjišťována přenosová charakteristika.



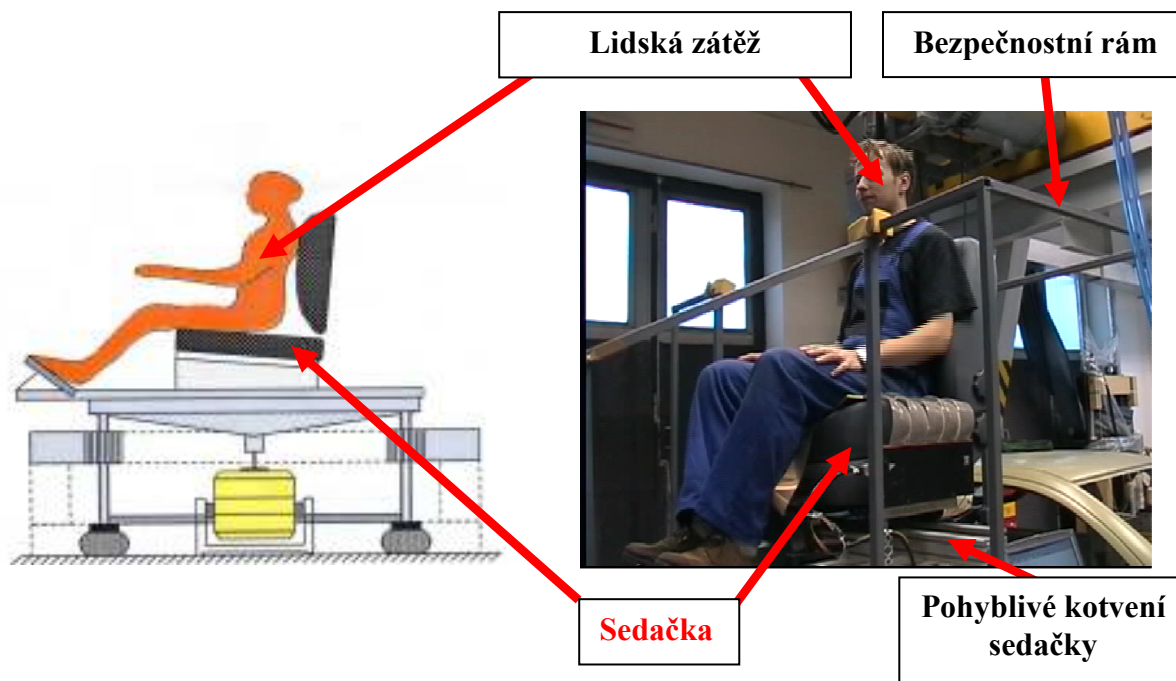
Obr. 1–12. Zkušební zařízení – pracoviště P5

c) Zařízení pro zkoušení celých sedaček zatěžovaných dynamicky s lidskou zátěží (pracoviště P6)

Na obr. 1–13 je zkušební zařízení určené pro zkoušení celých sedaček zatěžovaných dynamicky s lidskou zátěží. Konstrukce zkušebního zařízení není složitá. Sedačka byla ukotvena na ocelové základně o tloušťce 30mm) a ta byla spojena s HDB. Hlavním nedostatkem této koncepce byla nepřírozená poloha sezení zkušební osoby, neodpovídající sezení v automobilu. Toto pracoviště bylo konstruováno a používáno jako první pro zkoušení sedaček s lidskou zátěží. Z mnoha důvodů bylo velmi záhy nahrazeno jiným zařízením. Pro měření zrychlení jsou používány snímače zrychlení typu ADX L330Z firmy Analog Device Inc. (obr. 1–51).

Pro tyto zkoušky byla vypracována jedna metodika:

- 1) Metodika M6.1 je založena na zatěžování sedačky lidskou zátěží při dynamickém pohybu. Spodní plošina je buzena kmitavým pohybem, který je přenášen přes měřenou sedačku do lidské zátěže. Při této metodice je zjišťována přenosová charakteristika.



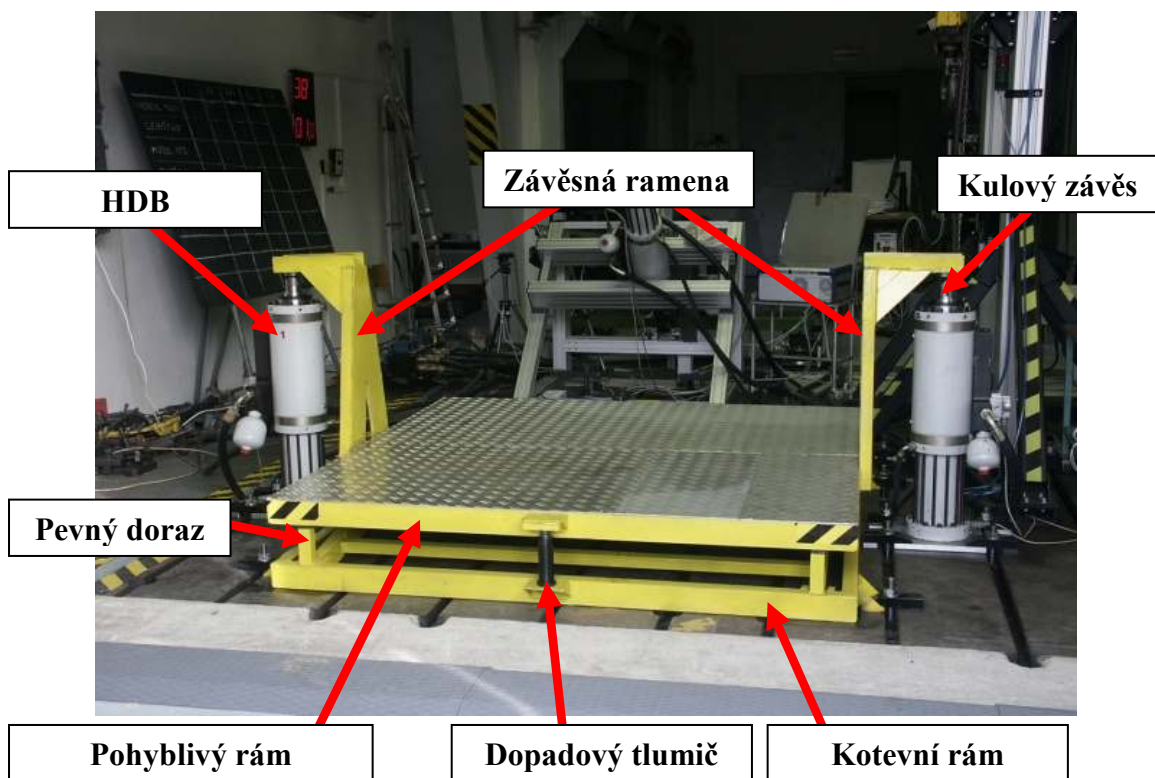
Obr. 1–13. Zkušební zařízení – pracoviště P6

d) Zkušební zařízení celých sedaček s pevnou a lidskou zátěží umístěných v karoserii zatěžované dynamicky (pracoviště P7)

Na obr. 1–14 je zkušební zařízení určené pro zkoušení celých sedaček umístěných v karoserii automobilu. Karoserie je umístěna na vertikální vibrační plošině (VVP). Kotevní rám, pohyblivý rám a nůžkový mechanismus jsou zhotoveny jako tuhé svařence z T a U-profilů o velikosti T60, U80 a U100. Pohyblivý rám plošiny je zavěšen na dva HDB, obr. 1–14. Nůžkový mechanismus zabezpečuje jen vertikální pohyb, nenese prakticky žádné zatížení. Je pouze využita jeho kinematická vazba. Pro měření zrychlení jsou používány snímače typu MH 143 SN 143001 firmy Senzor

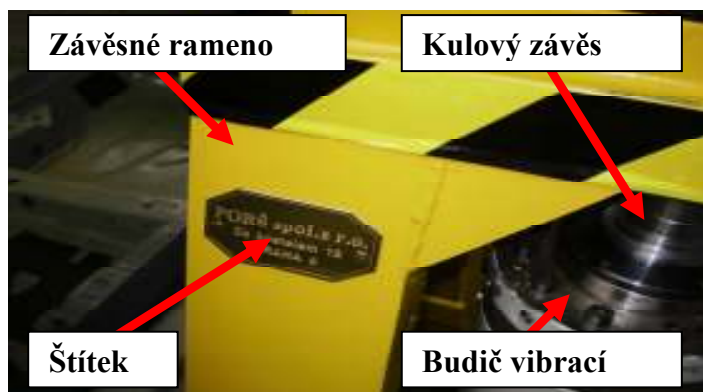
Modular Systeme spol. s r.o (obr. 1–53) a pro měření kontaktních tlaků jsou využívány snímače tlaku typ X senzor X3 firmy XSensor Technology Corporation, (obr. 1–55). Pro tyto zkoušky byly vypracovány dvě metodiky:

- 1) Metodika M7.1 je založena na zatěžování sedaček zátěží (pevná zátěž nebo člověk) při dynamickém pohybu. Pohyblivý rám VVP je buzen kmitavým pohybem, kotevní rám stojí, zátěž je usazena do sedačky. Při této metodice je zjišťována přenosová charakteristika.
- 2) Metodika M7.2 je založena na zatěžování sedačky statickou zátěží (pevná zátěž nebo člověk), pohyblivý rám a kotevní rám VVP stojí, s časovým intervalem měření od 5 minut do 4 hodin. Touto metodikou je zjišťováno rozložení kontaktních tlaků na sedáku i opěráku.

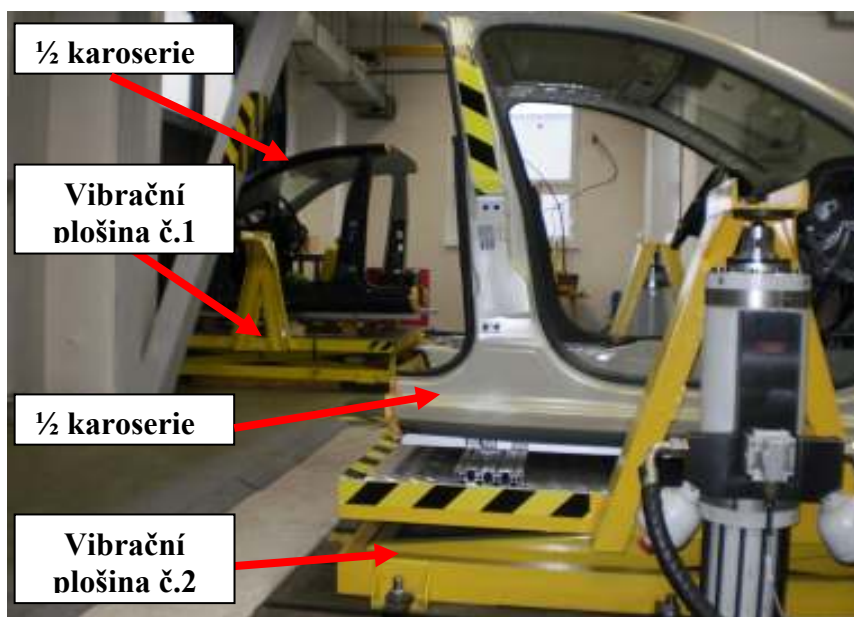


Obr. 1–14. Zkušební zařízení VVP – pracoviště P7

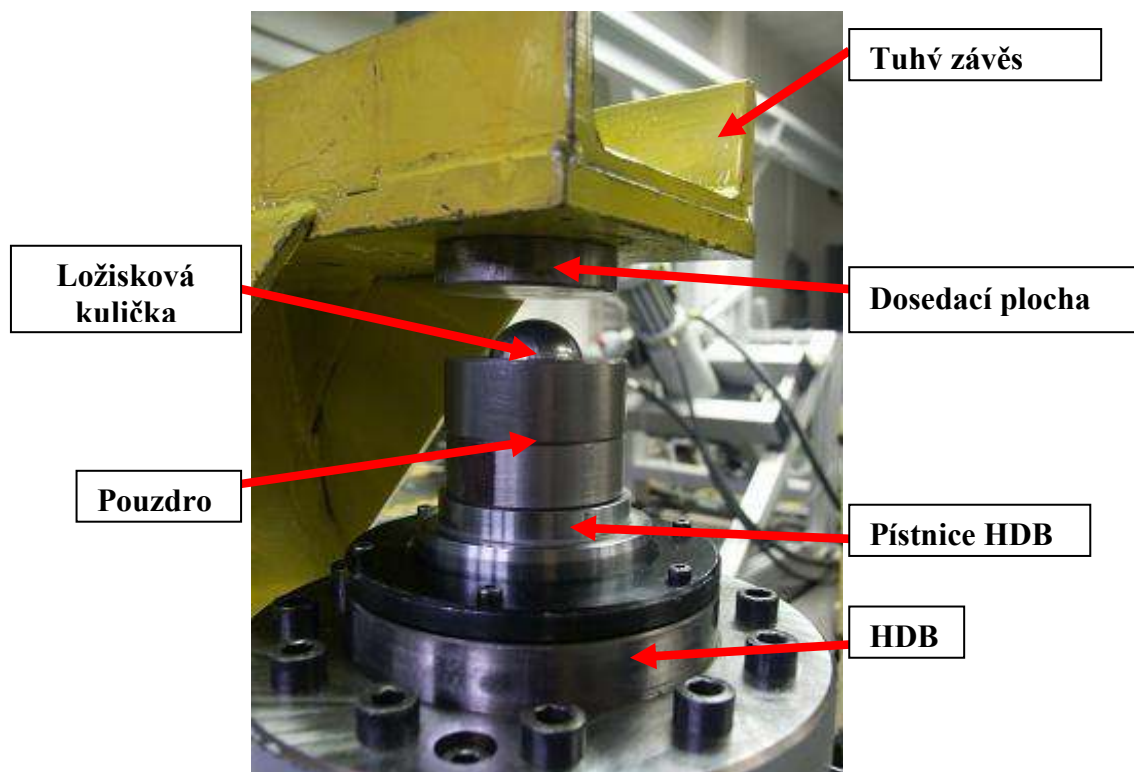
Celé zařízení je certifikováno a má na firemním štítku své původní výrobní číslo.



Obr. 1–15. Zkušební zařízení VVP – pracoviště P7 – certifikační štítek
Byly vyrobeny vibrační plošiny č. 1 a č. 2 (obr. 1–16), které se liší konstrukcí lineárních a rotačních vedení. U varianty č. 1 byly realizovány rotační čepová spojení a lineární třecí vedení. Tato varianta byla dlouhou dobu funkční. Následně byla nahrazena variantou č. 2. U této varianty byly realizovány rotační ložisková vedení obr. 1–19 a lineární pojezdová vedení obr. 1–18. Na této variantě se provádí dnes veškeré zkoušky. Vertikální pohyb zkušební plošiny je realizován dvěma softwarově spřaženými HDB.

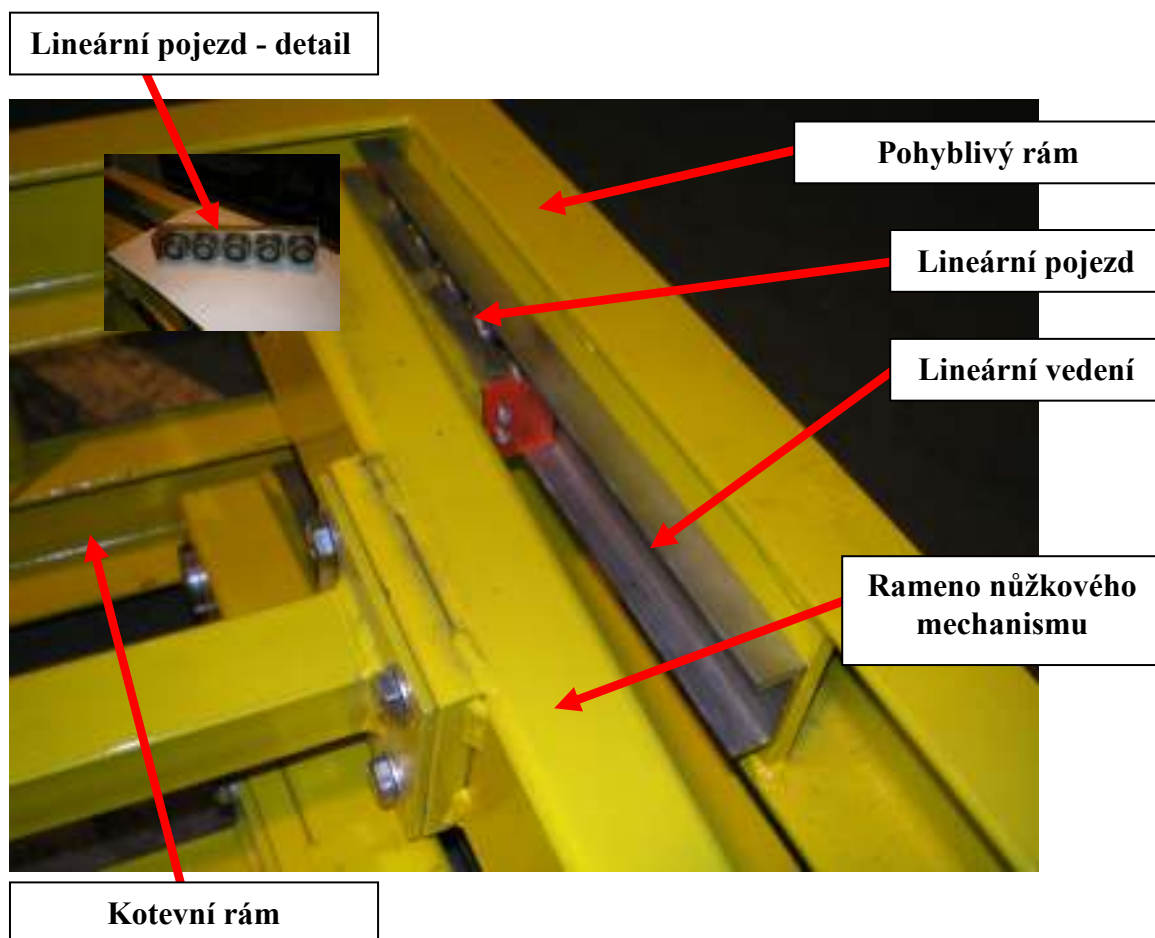


Obr. 1–16. Zkušební zařízení – pracoviště P7 – dvě vibrační plošiny

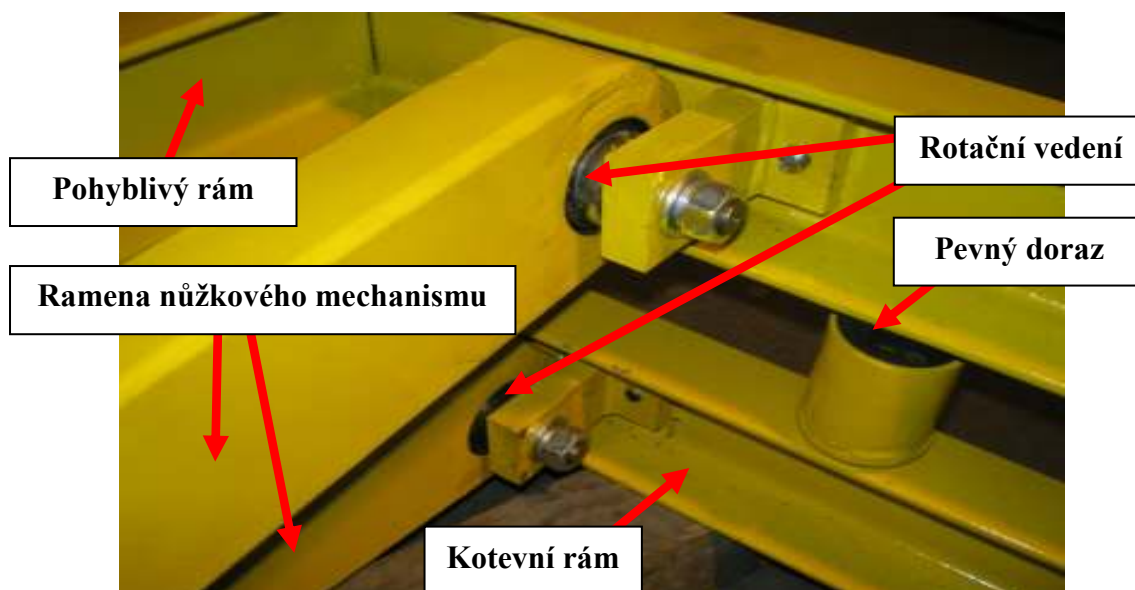


Obr. 1–17. Zkušební zařízení – pracoviště P7 – kulový závěs

Na obr. 1–17 je zobrazena konstrukce závěsu plošiny na HDB. Bylo navrženo několik variant, ale pouze tato se ukázala jako nejlépe vyhovující. Konstrukce je jednoduchá. Jedná se o ložiskovou kuličku o průměru 30mm uloženou do pouzdra, proti kuličce je umístěna dosedací plocha o průměru 120mm. Pouzdro i dosedací plocha jsou zakaleny na vysokou tvrdost, proto nechodází k jejich otlacení. Je zaručen pevný kontakt pouze ve vertikálním směru. Pohyb v horizontálním směru není nijak omezen. Při vyzdvížení plošiny do počáteční pracovní polohy dochází takto k samoustonovení plošiny a její následný pracovní pohyb je zcela bezproblémový. Ještě jeden konstrukční úkol bylo nutné vyřešit a to tuhost samotných závěsů, aby nedocházelo k jejich deformaci. V praxi bylo vyzkoušeno několik variant, jako optimální se nakonec ukázal svařenec z U-profilů. Z bezpečnostních důvodů musela být nástupní plošina překryta slizčkovým plechem. Veškerá bezpečnostní zařízení a prvky bezpečnostní ochrany jsou popsány dále.

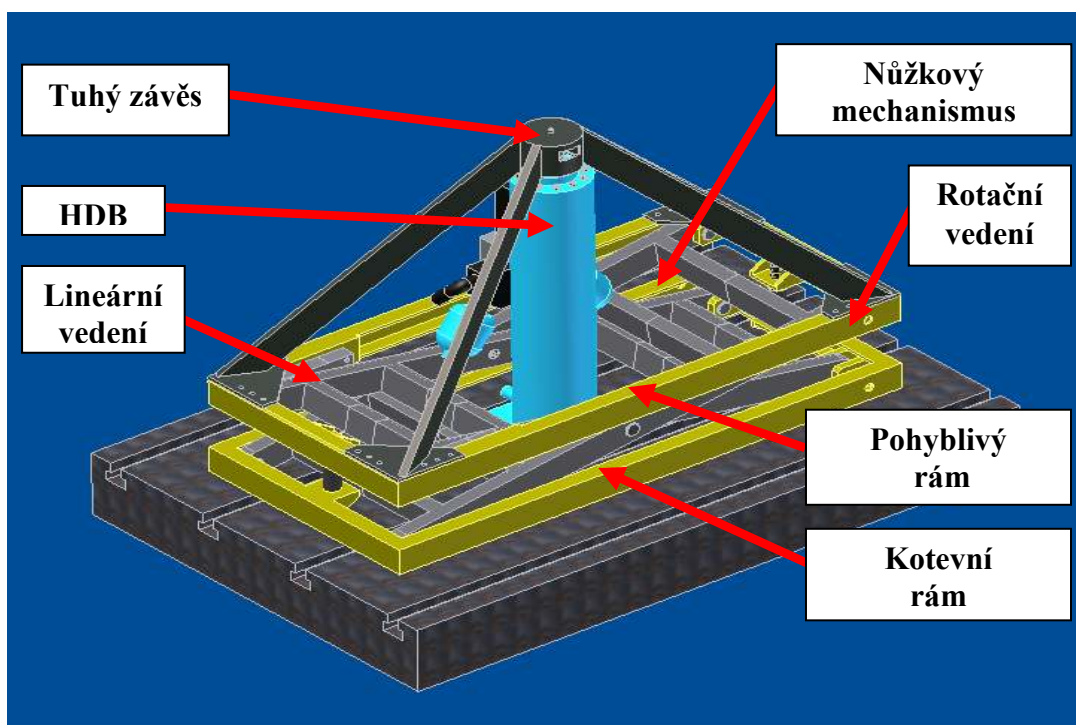


Obr. 1–18. Zkušební zařízení – pracoviště P7 – lineární vedení

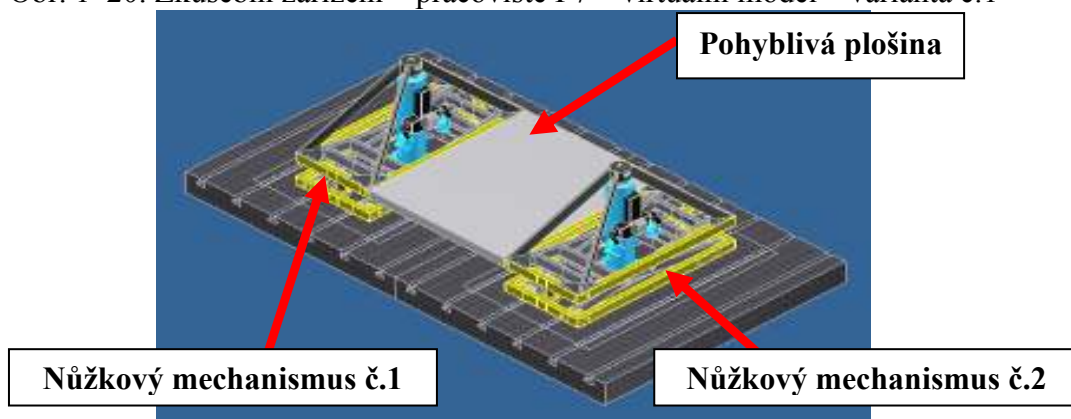


Obr. 1–19. Zkušební zařízení – pracoviště P7 – rotační vedení

Výrobě zkušební plošiny předcházela rozsáhlá projekční a konstrukční práce. Bylo rozpracováno několik variant řešení, z nichž byly nakonec vybrány dvě. Při konstrukci plošiny bylo nutné respektovat doporučení normy pro nástupní výšku max. 250-300mm pro pokusnou osobu. Také podmínka výšky stropu v laboratoři byla limitující. Výška HDB je 890mm a proto bylo nutné realizovat plošinu v co možná nejnížší výšce nad podlahou. Hlavním požadavkem byla také realizace čistě vertikálního pohybu zkušební plošiny v rozsahu od 0 do 300mm. Prvním realizačním řešením bylo ovládání plošiny dvěma nezávislými nůžkovými mechanismy, jak je uvedeno na obr. 1–20 a obr. 1–21.

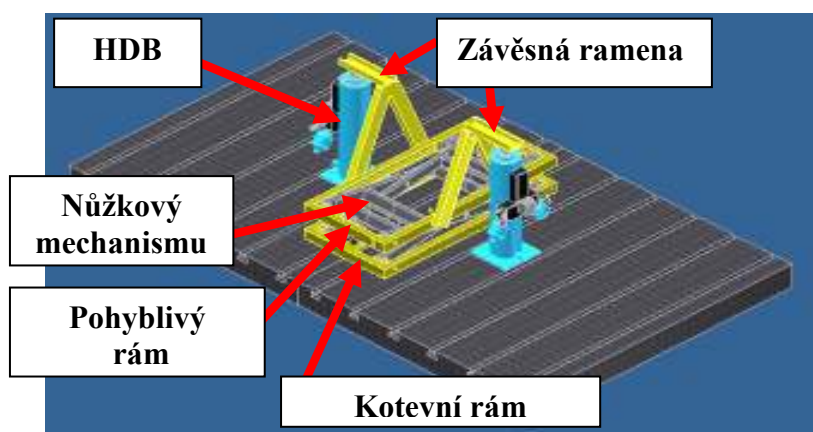


Obr. 1–20. Zkušební zařízení – pracoviště P7 – virtuální model – varianta č.1



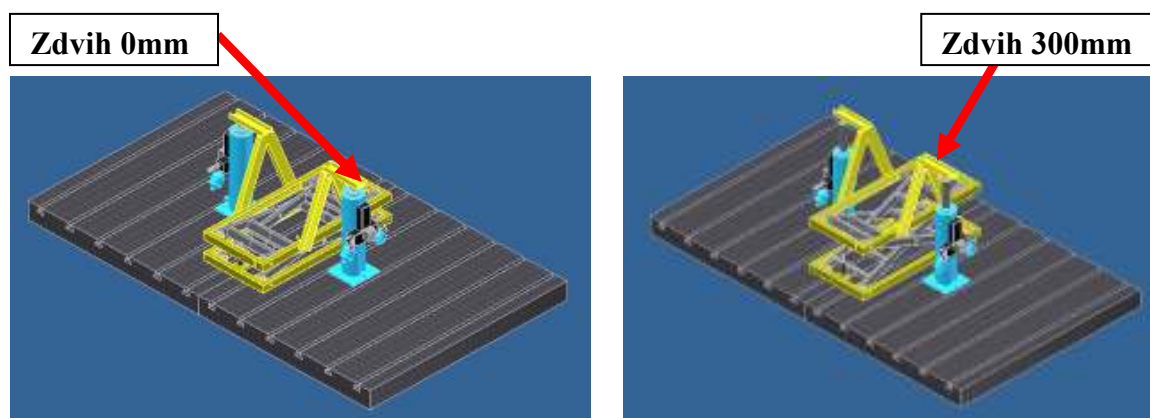
Obr. 1–21. Zkušební zařízení – pracoviště P7 – virtuální model – dvojice varianty č.1

Nedostatkem toho řešení byla složitá (drahá) výroba. Druhým realizačním řešením bylo realizovat nůžkový mechanismus jeden v dostatečné velikosti obr. 1–22.

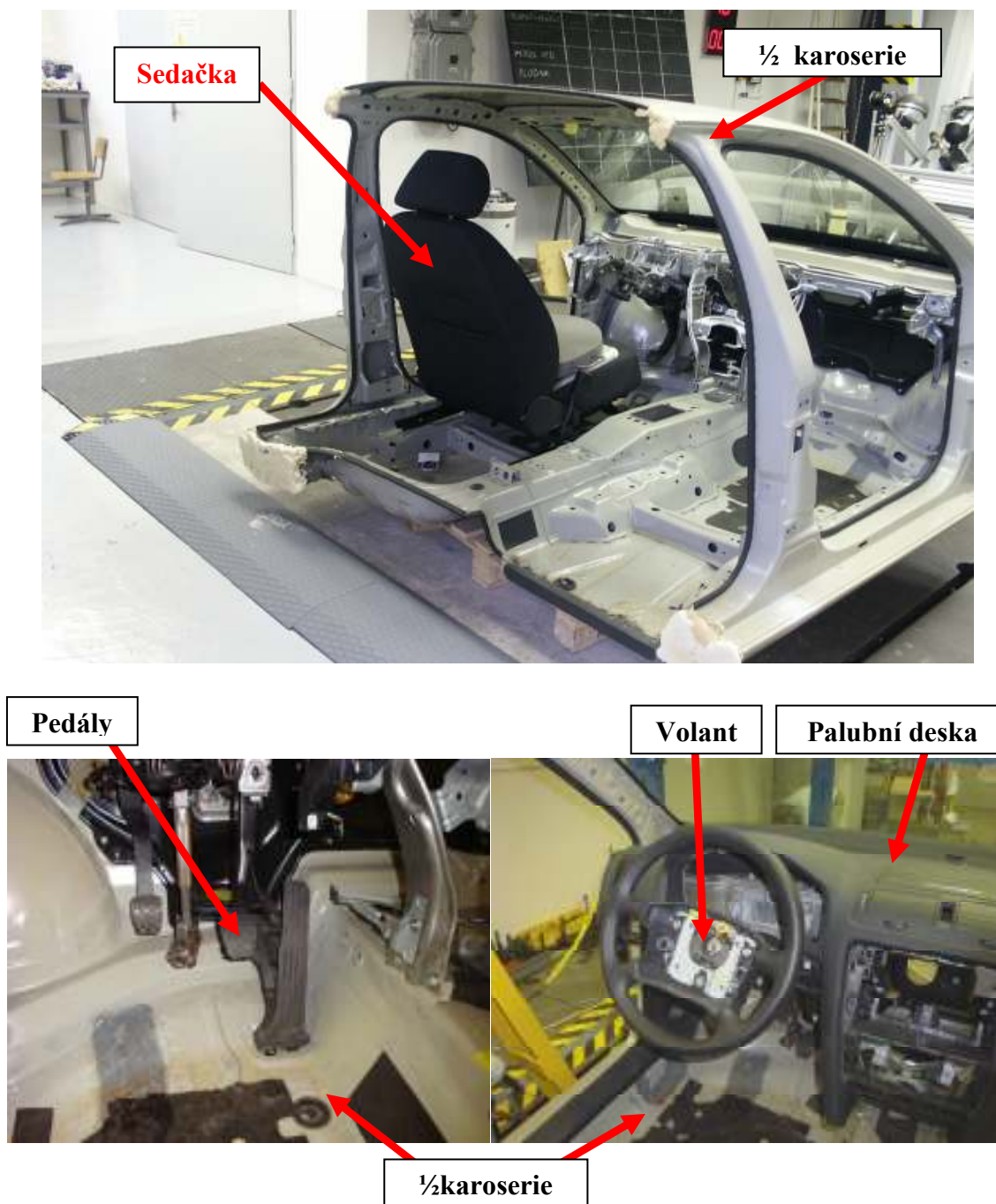


Obr. 1–22. Zkušební zařízení – pracoviště P7 – virtuální model – varianty č.2

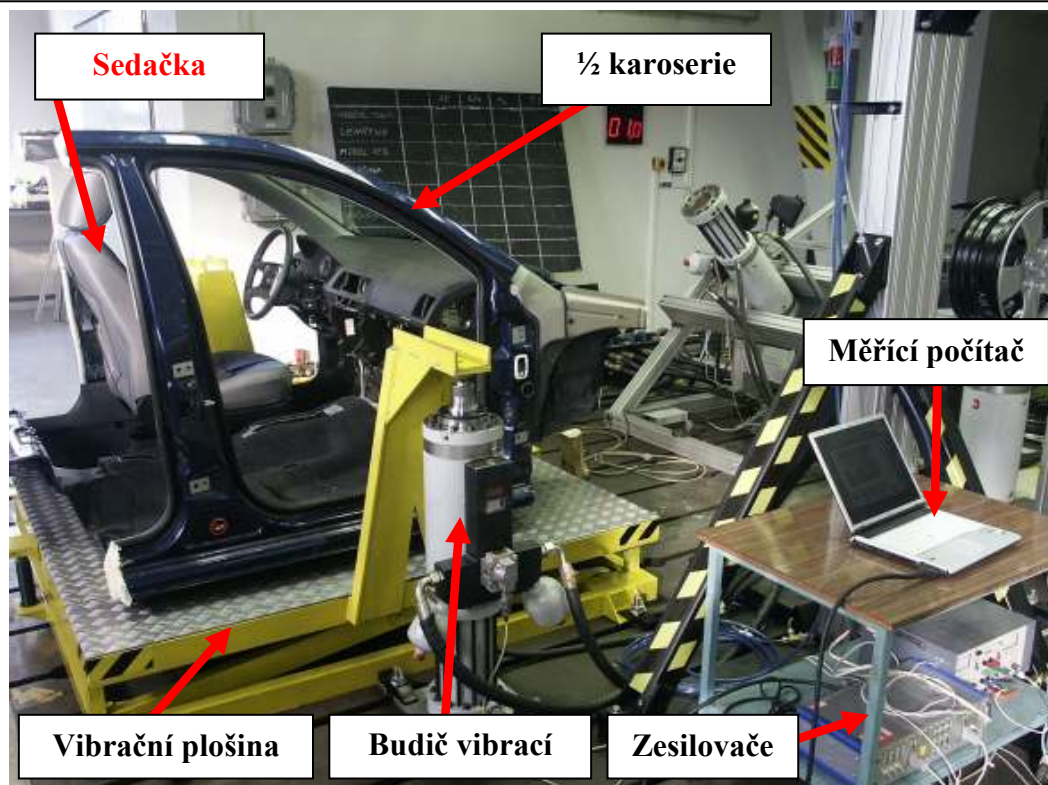
Nakonec bylo rozhodnuto realizovat toto řešení. Ještě před tvorbou technické výrobní dokumentace byla provedena virtuální zkouška dynamické simulace pro kontrolu kolizních stavů v zadaném zdvihu mechanismu od 0 do 300mm, obr. 1–23.



Obr. 1–23. Zkušební zařízení – pracoviště P7 – kontrola kolizních stavů. Druhým hlavním požadavkem pro realizaci zkušebního zařízení pro zkoušení celých sedaček s lidskou zátěží bylo zachování stejných podmínek jako při jízdě automobilem, tj. stejný posed, nohy na pedálech, ruce na volantu, možnost seřízení polohy sedačky, atd. Jediným možným řešením bylo použít reálný automobil. Bylo rozhodnuto umístit na vertikální plošinu $\frac{1}{2}$ karoserii ($\frac{1}{2}$ model) s úplným pracovištěm řidiče a spolujezdce. Takto byly upraveny dvě karoserie, vozu Škoda Octavia obr. 1–24 a Škoda Fabia obr. 1–25.



Obr. 1–24. $\frac{1}{2}$ karoserie Octavia



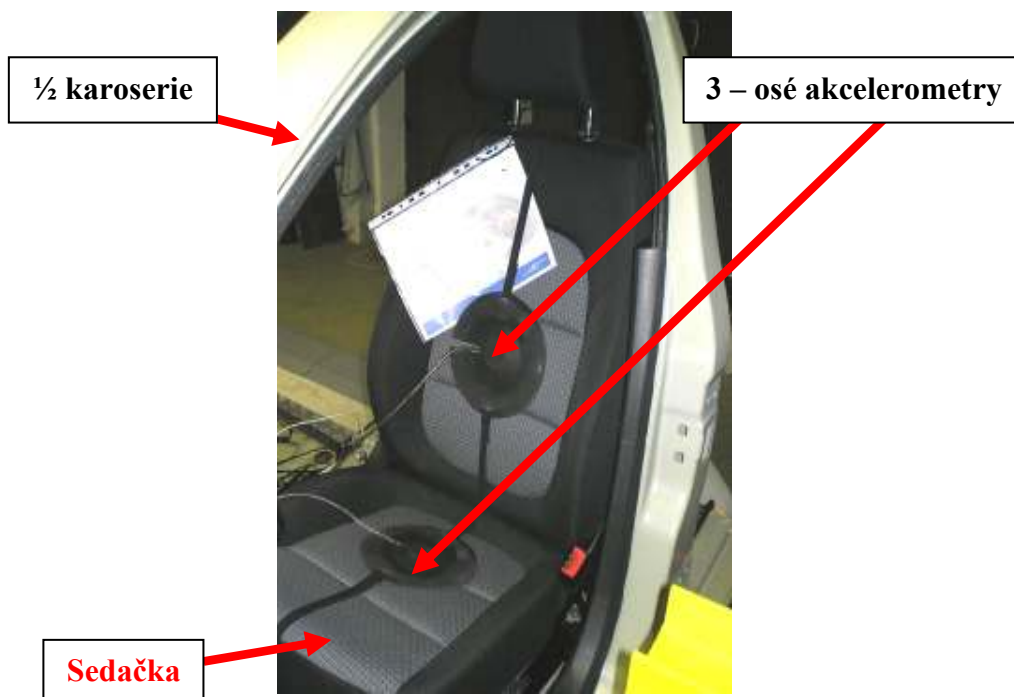
Obr. 1–25. Zkušební zařízení – pracoviště P7 – ½ karoserie Fabia

Pro jiné účely byla ještě vyrobena ¼ karoserie (¼ model) platforma Škoda Octavia obr. 1–26.



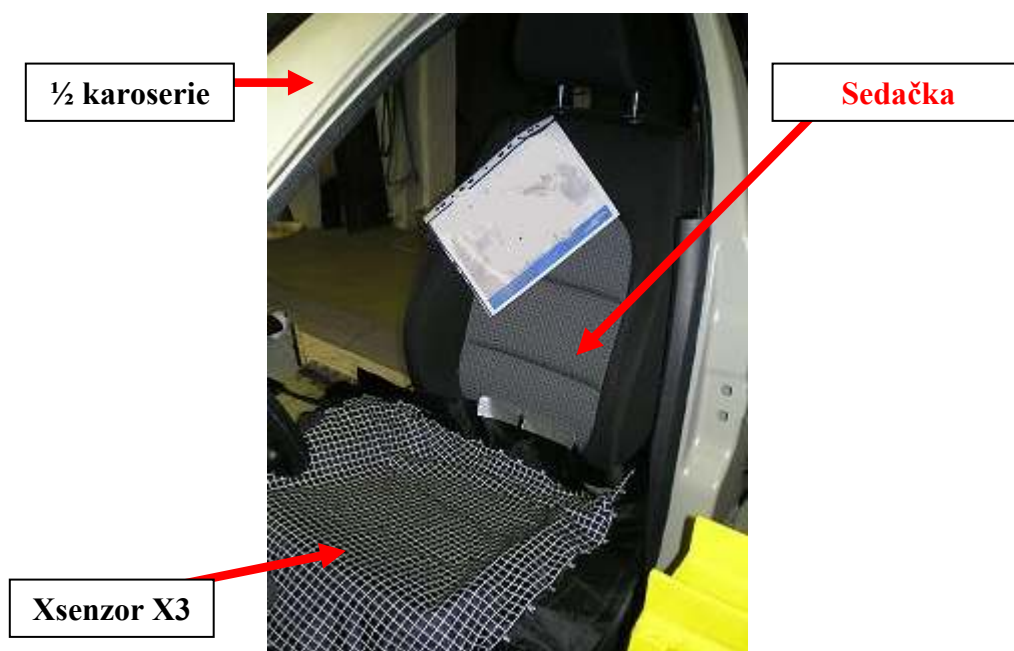
Obr. 1–26. ¼ karoserie Octavia

Pro snímání zrychlení byly použity tříosé akcelerometry vyrobené podle normy ČSN ISO 10326 u firmy Senzor Modular System spol. s r.o., obr. 1–27. Byly vyrobeny dva identické akcelerometry na sedák i na opěrák.



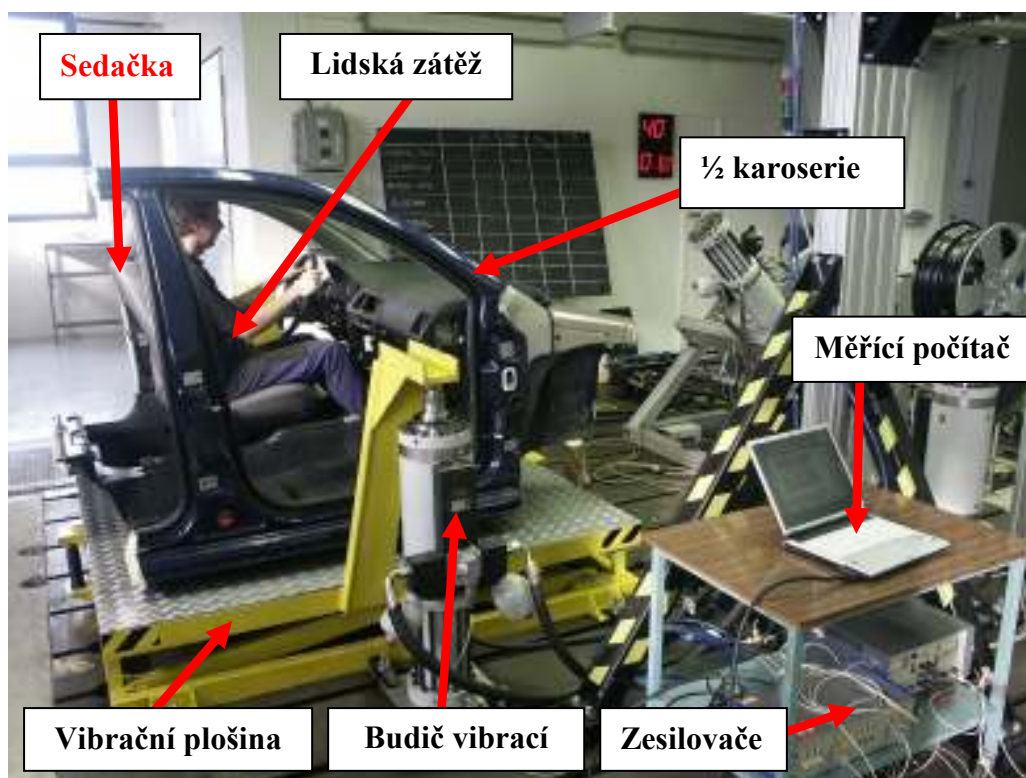
Obr. 1–27. Zkušební zařízení – pracoviště P7 – Akcelerometry

Dále pro zjišťování rozložení kontaktních tlaků byl použit snímač X senzor X3 firmy XSensor Technology Corporation zakoupený u výrobce v Kanadě, obr. 1–28 a obr. 1–55.



Obr. 1–28. Zkušební zařízení – pracoviště P7 – X senzor X3

Pracoviště bylo následně doplněno SW a HW na snímání dat a řízení, obr. 1–29.

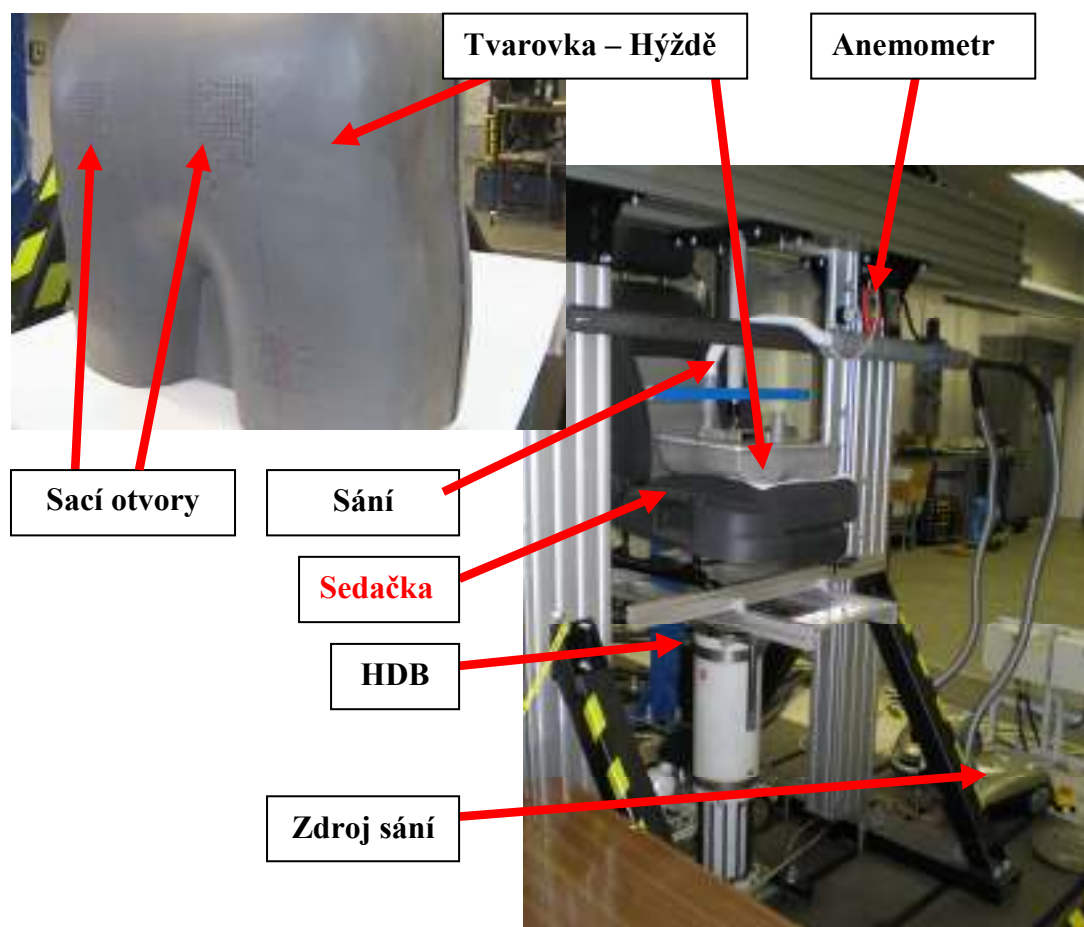


Obr. 1–29. Zkušební zařízení – pracoviště P7 – osazení PC

e) Zkušební pracoviště na měření prodyšnosti celých sedaček (pracoviště P8)

Na obr. 1–30 je zkušební pracoviště určené pro měření prodyšnosti celých sedaček. Na píst hydromotoru je namontován pohyblivý rám z profilů typu Profil 6 (60x30mm) a spojení profilů rámu je provedeno standardními prvky typu Winkel 6 (30x30mm), které zajišťují jeho dostatečnou tuhost. Celkové rozměry rámu jsou 1000x1000x120mm, na který je namontován zkoušený vzorek celé sedačky. Zařízení měří prodyšnost sedačky pod zátěží. Pro tyto zkoušky byla vypracována jedna metodika:

- 1) Metodika M8.1 je založena na postupném vtlačování tvarovky do sedačky od 0 do 30mm s krokem 5mm a časovým mezi intervalem relaxace 5minut a po ustálení tlakového spádu se měří rychlost proudění. Pro měření rychlosti proudění se používá anemometr typ GVA 0430 firmy GREISINGER electronic GmbH. Pro konstantní průřez je možné vyjádřit průtokové množství vzduchu [l/s].

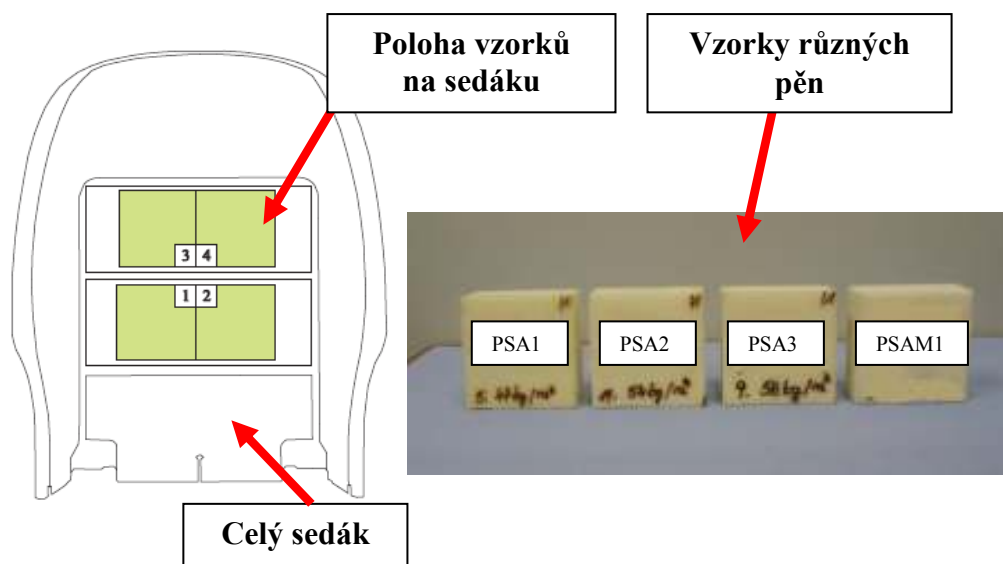


Obr. 1–30. Zkušební pracoviště P8

1.3. Zkušební vzorky, zkušební zátěže (pevná a lidská), zkušební signály, měřicí snímače a záznamová zařízení, metodiky, příklady výsledků zkoušek

a) Zkušební vzorky PU pěn, potahů a celých sedaček

Vzorky z PU pěny byly získávány přesným řezáním z větších kusů zpravidla ze sedáků předních sedaček podle schématu na obr. 1–31.



Obr. 1–31. Vzorky z PU pěny

Jako zkušební vzorky byly dále používány celé výplně z PU pěny získané ze sedáků, obr. 1-32.

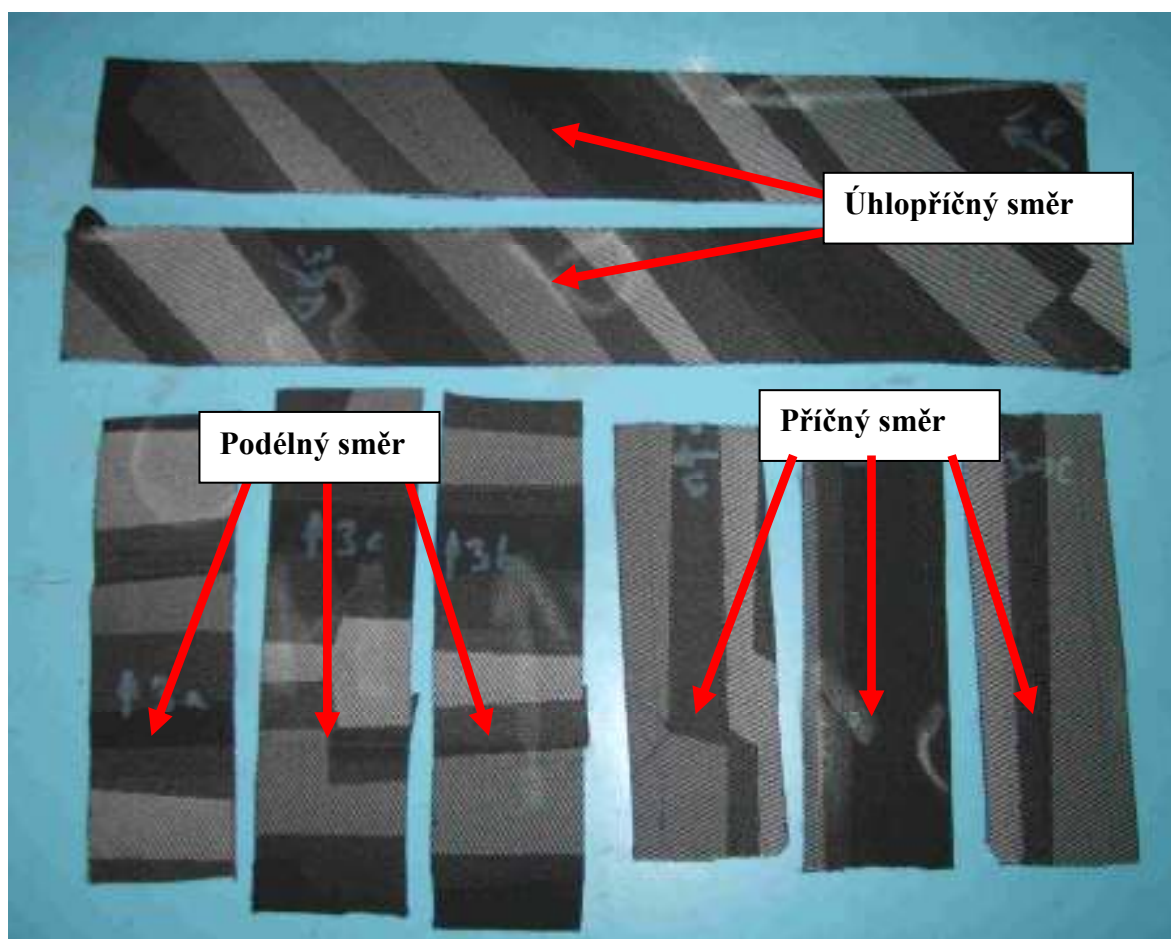


Obr. 1–32. Celé výplně z PU pěny ze sedáků

Jako vzorky potahových tkanin sloužily potahy získané ze sedaček obr. 1–33. Tyto byly rozřezány na vzorky 120x50mm, obr. 1–34.



Obr. 1–33. Potahy sedáku a opěráku



Obr. 1–34. Vzorky potahu

Jako vzorky celých sedaček sloužily sedačky především koncernu VW, hlavně ŠkodaAuto, obr. 1–35.



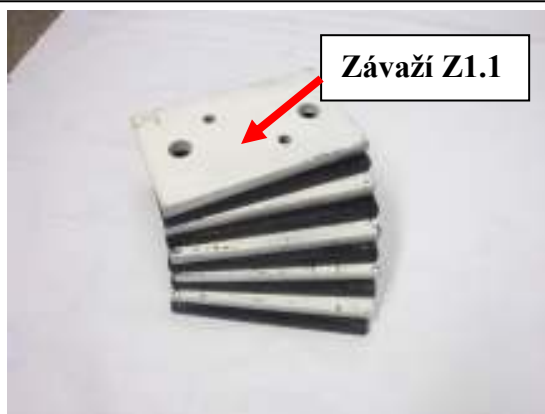
Obr. 1–35. Vzorky sedaček

b) Zkušební tvarovky a zátěže, včetně člověka

Pro pracoviště P1 jsou používána dva typy tvarovek plochá T1.1 a tvarová T1.2, obr. 1–36. Jako zátěže slouží obdélníková závaží Z1.1, obr. 1–37, každé o hmotnosti 1 kg.

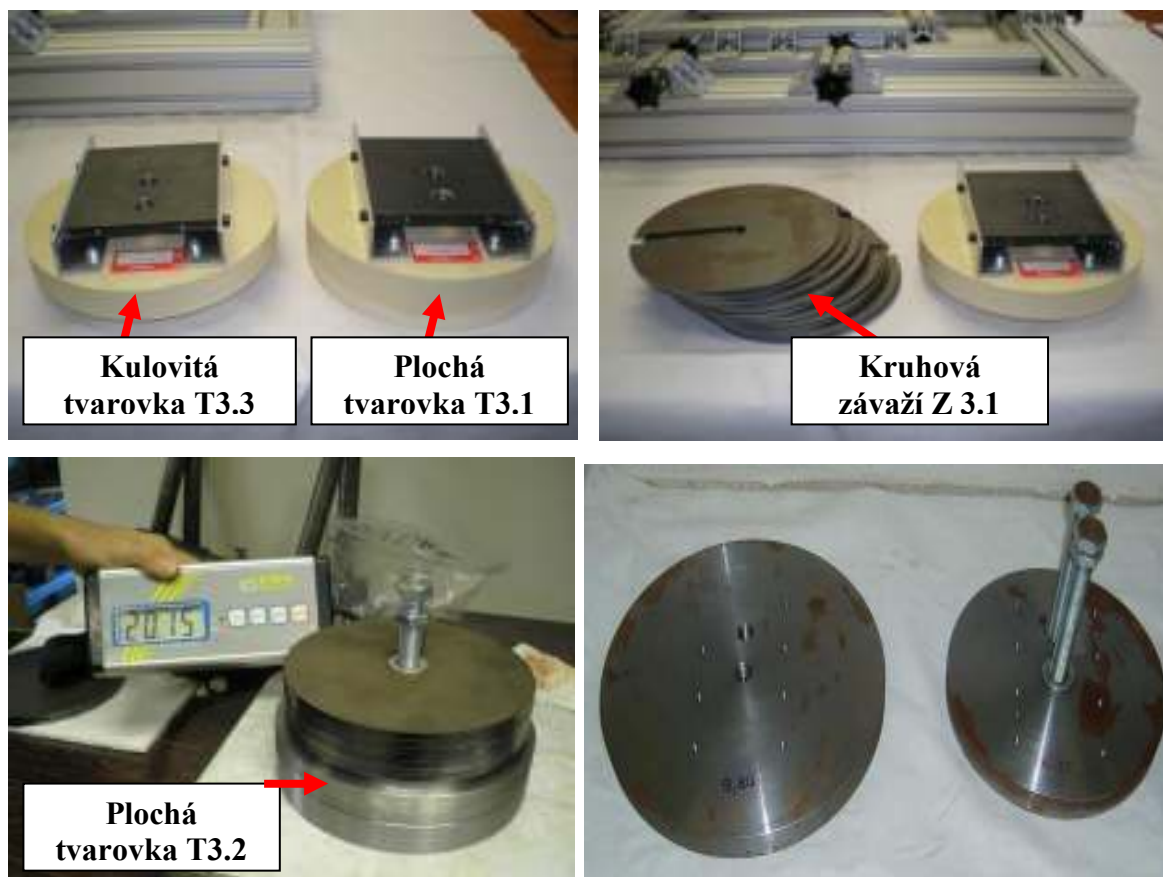


Obr. 1–36. Pracoviště P1 – Tvarovky T 1.1 a T 1.2



Obr. 1–37. Pracoviště P1 – Závaží Z1.1

Pro pracoviště P3 jsou používány dva typy tvarovek ploché T3.1 a T3.2 a kulovitá T3.3, obr. 1–38. Jako zátěže pro toto pracoviště se používají kruhová závaží Z3.1, obr. 1–38, každé o hmotnosti 1 kg.

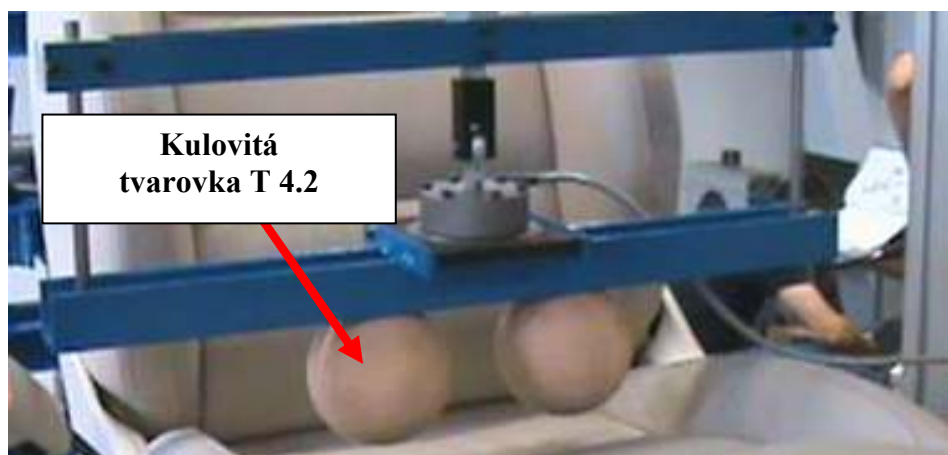


Obr. 1–38. Pracoviště P3 – Tvarovky T 3.1, T 3.2 a T 3.3 a závaží Z 3.1

Pro pracoviště P4 jsou používány dva typy tvarovek plochá T4.1, obr. 1–39 a kulovitá T4.2, obr. 1–40.

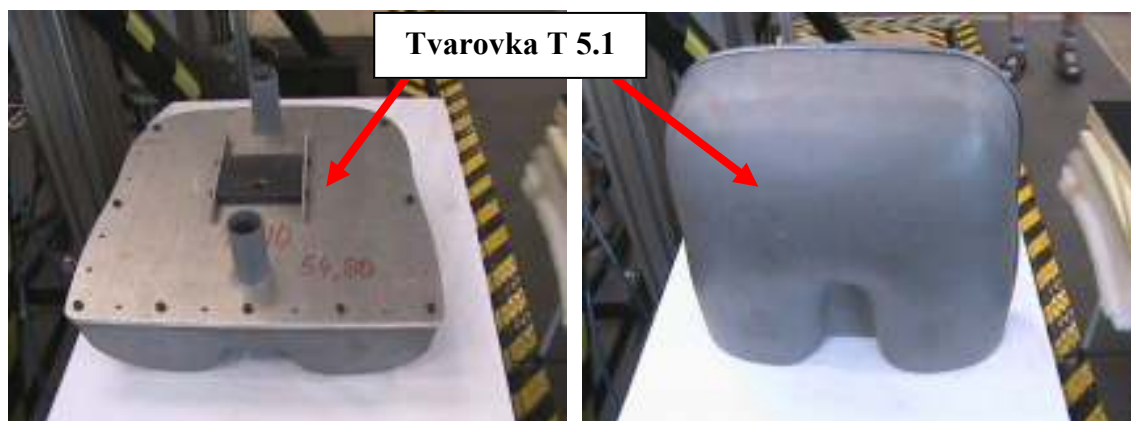


Obr. 1–39. Pracoviště P4 – Tvarovky T 4.1



Obr. 1–40. Pracoviště P4 – Tvarovky T 4.2

Pro pracoviště P5 a P7 a P8 je používána tvarovka hýždě T5.1, obr. 1–41. Jako zátěže se používají obdélníková závaží Z5.1, obr. 1–42, každé o hmotnosti 10 kg.



Obr. 1–41. Pracoviště P5, P7, P8 – Tvarovky T 5.1



Obr. 1–42. Pracoviště P5, P7, P8 – Závaží Z5.1

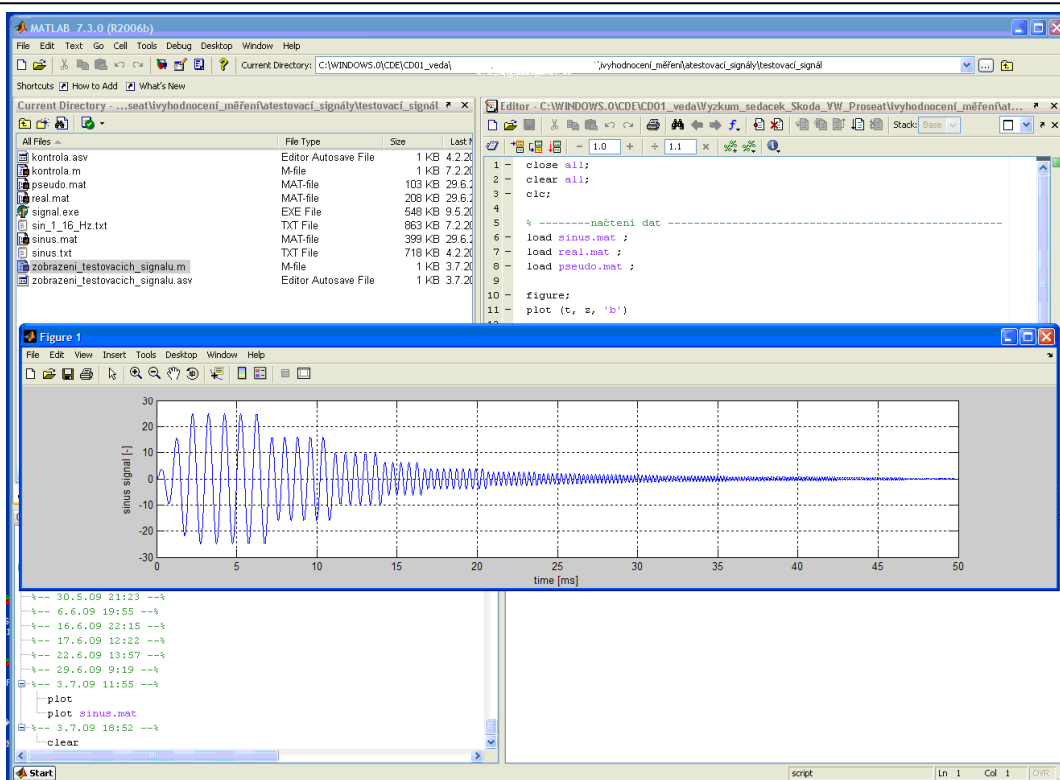
Pro pracoviště P7 jsou používána dva typy tvarovek hýždě T7.1 a člověk T7.2, obr. 1–43 (proband). O lidské zátěži bude pojednáno podrobněji v závěru kapitoly.



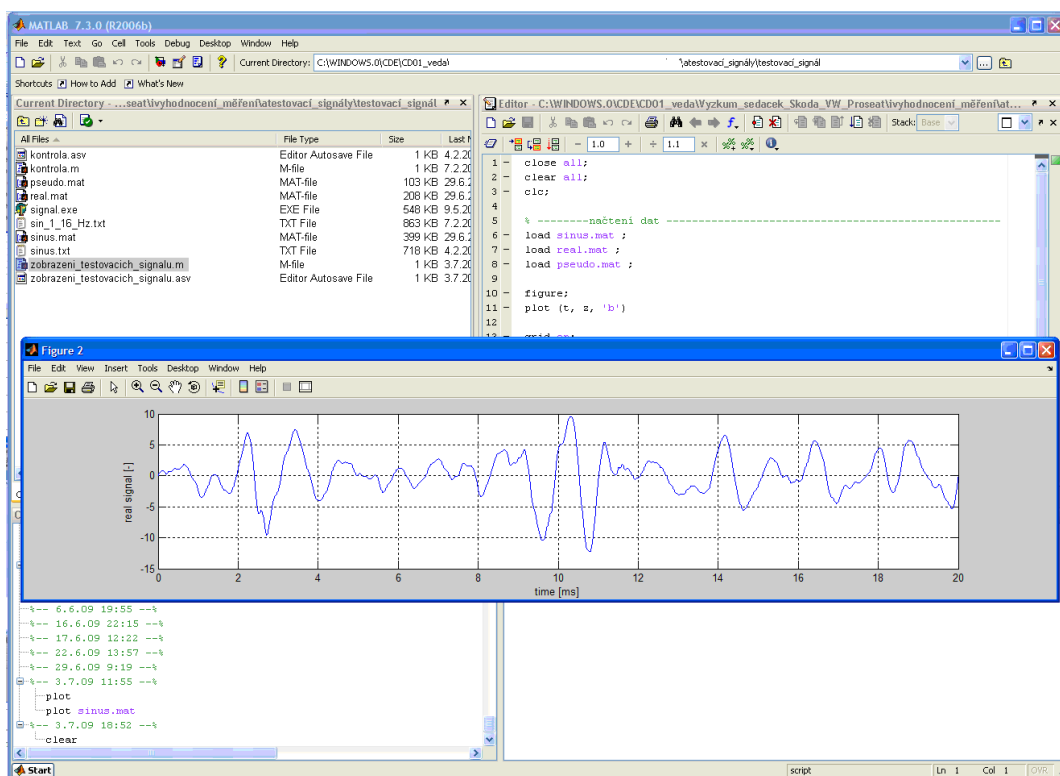
Obr. 1–43. Pracoviště P7 – Tvarovky T 7.1 a T 7.2

c) Zkušební signály

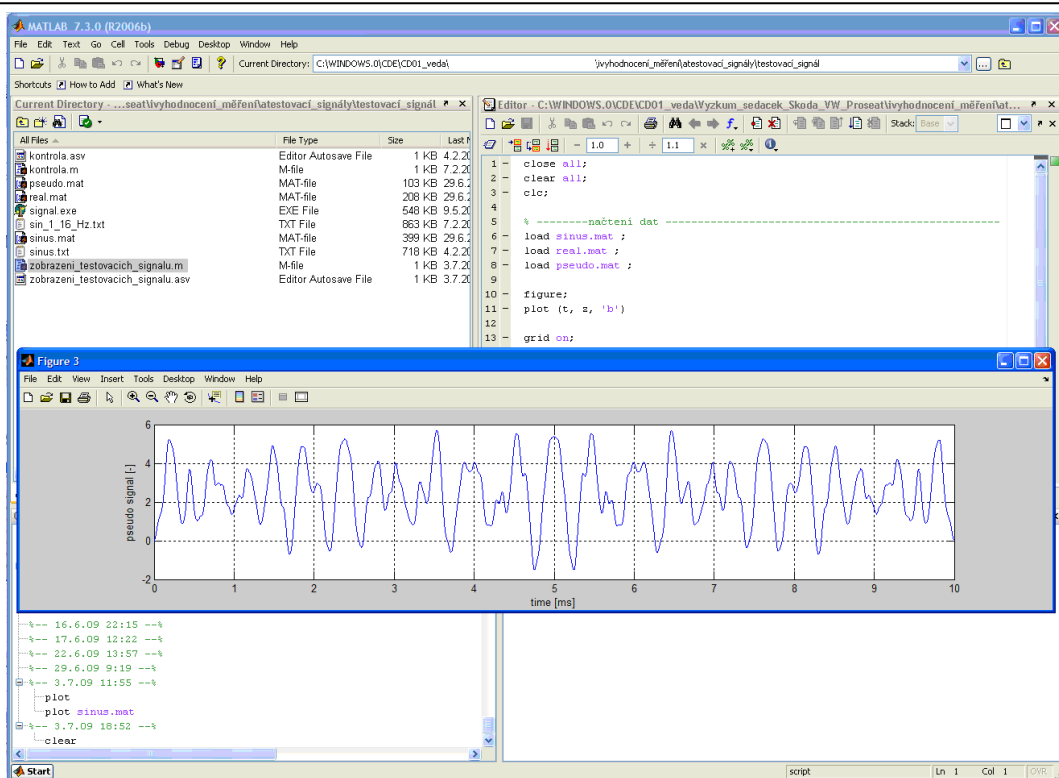
Pro veškeré zkoušky bylo nutné nadefinovat zkušební signály. Prvním naším požadavkem při jejich generování byla možnost jejich využití u všech typů zkoušek, aby byla zaručena jejich návaznost od zkoušení vzorků materiálů používaných pro výrobu sedaček až po zkoušky celých sedaček. Druhým kritériem byla definice takových zkušebních signálů, které je možné realizovat se všemi typy zátěží. Na základě této komplexní analýzy byly vygenerovány tři typy zkušebních signálů. První je stacionární periodický signál SPS1.1, obr. 1–44, sinusoidální signál s frekvenčním spektrem v rozsahu 1 až 15 Hz, s maximálním zrychlením 0.1 g (nutné podotknout, že tento signál je předepsán normou [40]). Druhý typ je stacionární neperiodický signál SNS1.2, obr. 1–45. Byl vygenerován pseudonáhodný signál s frekvenčním spektrem od 1 do 15 Hz a frekvenčním krokem 0.2 Hz. Třetí typ je nestacionární neperiodický signál NNS1.3, obr. 1–46. Tento zkušební signál vychází z reálného zrychlení naměřeného při jízdě automobilu v místě kotvení sedačky ke karoserii. Průběh zdvihu byl získán integrací signálu zrychlení.



Obr. 1–44. Stacionární periodický signál SPS1.1



Obr. 1–45. Stacionární neperiodický signál SNS1.2



Obr. 1–46. Nestacionární neperiodický signál NNS1.3

d) Záznamová zařízení, měřicí řetězce se snímači, vyhodnocovací zařízení

Jako záznamové zařízení síly, zrychlení a zdvihu byly použity moduly typu DAQP-CHARGE-A, DAQP-V-D firmy DEWETRON spol. s r.o., uložené do rámu DEWE-30-40, obr. 1–47. K tomuto zařízení byly připojeny všechny snímače, obr. 1–48 až obr. 1–55, snímače síly typu série K-S firmy GTM s.r.o. a typu HBM 100 firmy HBM, snímače zrychlení typu ADXL330Z firmy Analog device Inc. Řízení a sběr dat je realizován SW DEWESoft 6.6.1, obr. 1–56. Vyhodnocení a analýza byly prováděny SW MatLab R2006 obr. 1–57.



Obr. 1–47. Záznamové zařízení Dewetron DEWE-30-40



Obr. 1–48. Siloměr serie K- S – GTM



Obr. 1–49. SiloměrRSCAC1/100 – HBM



Obr. 1–50. Akcelerometr – Kulite



Obr. 1–51. Akcelerometr – Analog device



Obr. 1–52. Optický snímač polohy - Balluff



Obr. 1–53. Tříosý akcelerometr – SMS



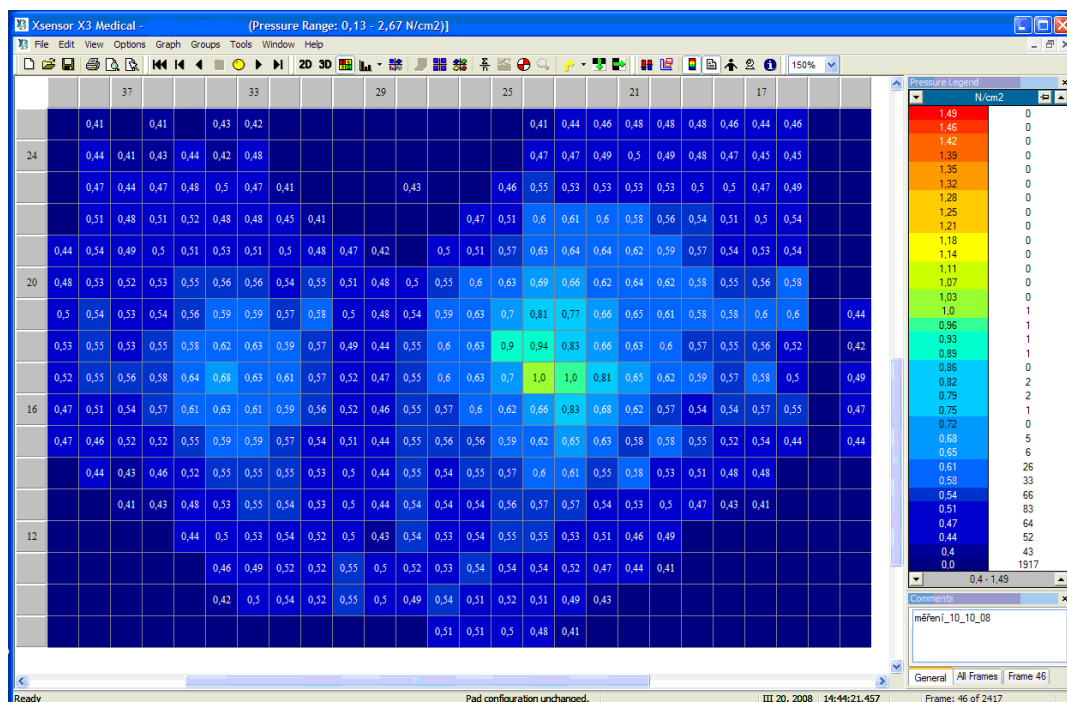
Obr. 1–54. Anemometer - GREISINGER



Obr. 1–55. X senzor X3 - Xsenzor

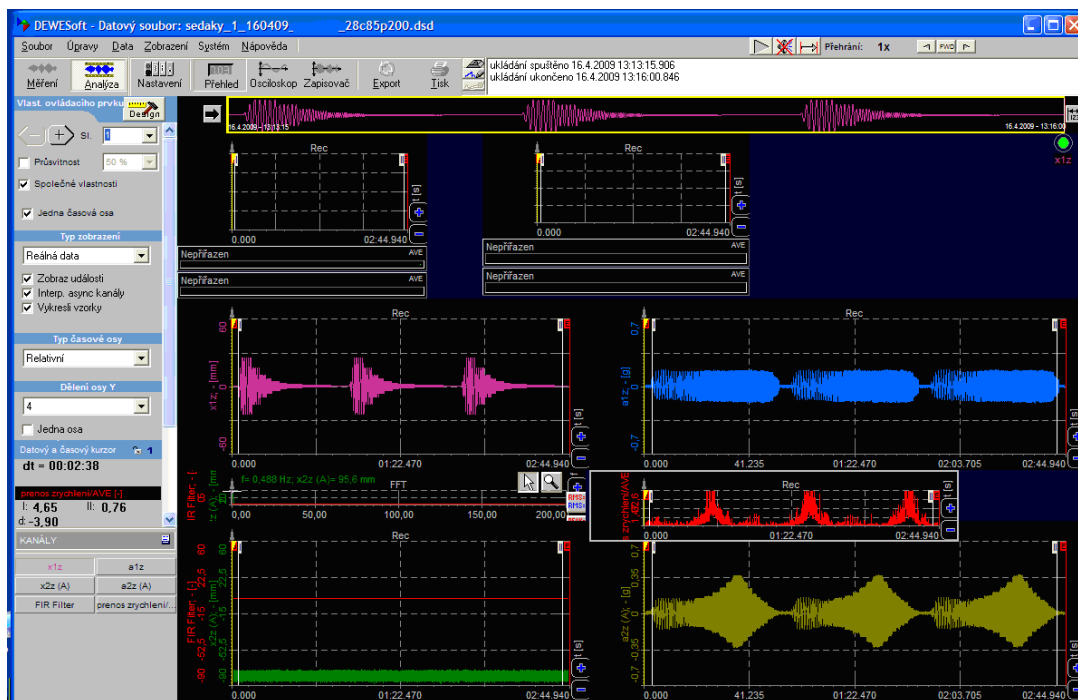


Jako záznamové zařízení kontaktních tlaků bylo použito prostředí X3 Medical v5.0, obr. 1–56.



Obr. 1–56. Záznamové zařízení (X3 Medical v5.0)

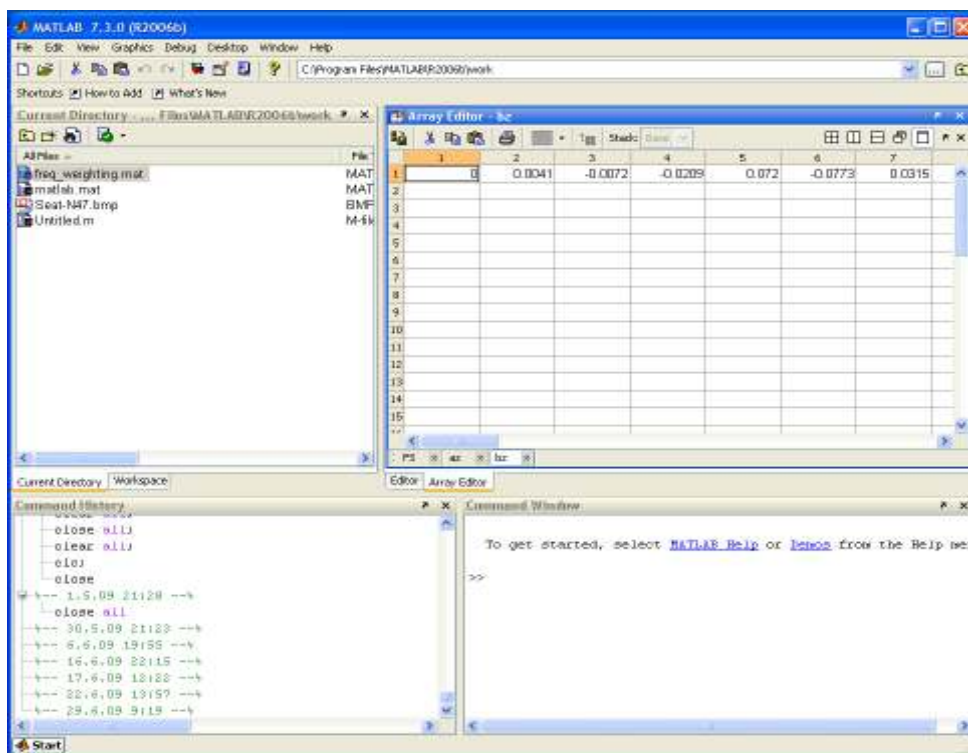
Jako záznamové zařízení vibrační bylo použito záznamové prostředí DEWESoft 6.6.1, obr. 1–57.



Obr. 1–57. Záznamové zařízení (DEWESoft 6.6.1)

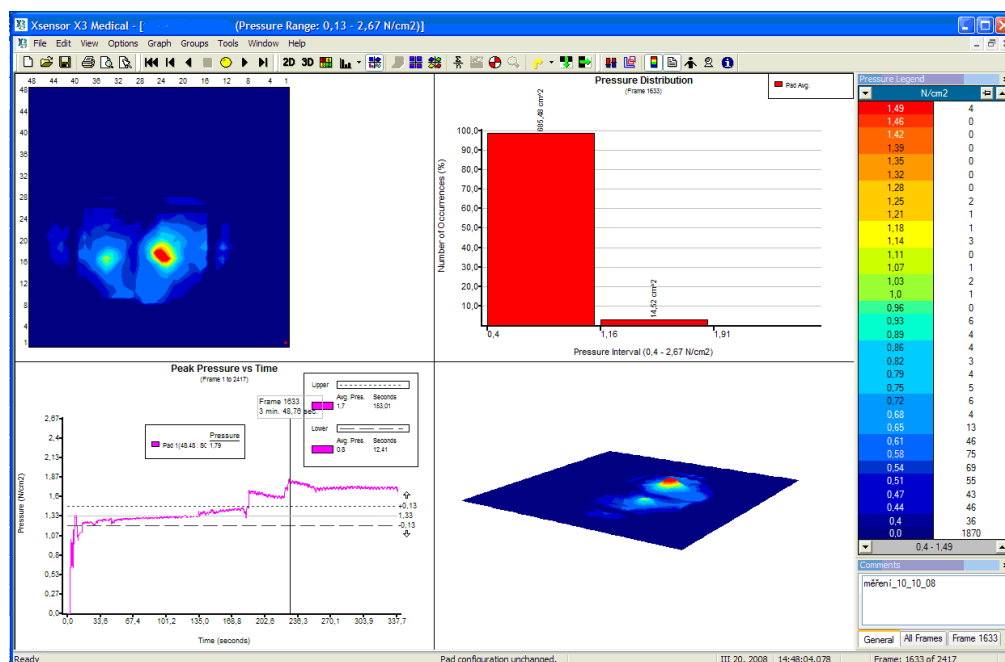


Vyhodnocení a analýza vibrací byly prováděny v prostředí MatLab R2006, MathCad, Excel obr. 1–58.



Obr. 1–58. Vyhodnocovací zařízení (MatLab R2006, MathCad, Excel)

Vyhodnocení a analýza kontaktních tlaků byly prováděny v prostředí X3 Medical v 5.0 obr. 1–59.



Obr. 1–59. Vyhodnocovací zařízení (X3 Medical v 5.0)



e) Metodiky měření

Pro veškerá měření byly vypracovány samostatné metodiky.

Jsou to:

Měření přenosových charakteristik automobilových sedaček,

Měření vlastností viskoelastických materiálů,

Měření kontaktních tlaků,

Měření prodyšnosti automobilových sedaček,

Měření komfortu.

V těchto metodikách jsou detailně rozpracovány postupy zkoušek, zejména pro jejich identičnost a opakovatelnost. Metodiky měření nejsou součástí této práce.

Při měření účinků mechanických vibrací na člověka, je nutno respektovat normu, ve které jsou předepsaná bezpečnostní a zdravotní hlediska. Jsou svým způsobem specifická a je proto dále podrobněji popsán postup při měření, který je nutné dodržet. Všechny požadavky na proveditelnost těchto měření jsou přesně vymezeny normou [40]. Dodržení podmínek této normy jsou uvedeny ze zákona. Jinak podobné pokusy nemohou probíhat.

Citace z této normy:

„... norma uvádí návod pro bezpečnostní hlediska zařízení nebo postupů, které jsou vlastní pokusům zahrnujícím vibrace a opakované rázy, které ovlivňují bezpečnost zúčastněných osob...“

„...cílem je omezit možnost toho, aby pokusné osoby nebo ti, kteří monitorují nebo provádějí pokusy, byli vystaveni nežádoucímu riziku zranění nebo poškození zdraví vyplývajícího z takové expozice nebo zranění, které by se mohlo přičítat nesprávné nebo špatné činnosti zařízení používaného ke generování vibrací a opakovaných rázů.

V příloze E normy jsou uvedeny bezpečnostní požadavky, které musí konstrukce zařízení splňovat:

„... při pokusech za účasti pokusných osob by experimentátor po uvedení podrobností k plánovaným pokusům společně s písemným zdůvodněním měl získat souhlas od nezávislé etické komise nebo komise pro využívání a ochranu osob...“

„... o posouzení každého navrženého pokusu zahrnujícího expozici pokusné osoby vibracím je třeba požádat nezávislou etickou komisi...“

„...pokusné osobě by mělo být ponecháno na svobodné vůli rozhodnutí odstoupit od pokusu a ukončit jej během jeho libovolné části...“

„...kritérium kombinací velikostí vibrací a doby trvání, expozice vyžadující přítomnost lékaře...“

„...podepsat formulář ke svolení zkušební osoby k pokusům s vibracemi a opakovanými rázy...“

„...pokyny k vypracování experimentálního nebo zkušebního protokolu...“

„... k identifikování kritických vlastností konstrukce zařízení nebo pracovních postupů z hlediska bezpečnosti. Tyto faktory, které se vztahují k bezpečnosti, by měl analyzovat expert nebo skupina expertů z komise pro technickou bezpečnost, kteří mají potřebné znalosti a jejichž zprávu lze předložit etické komisi k dalšímu schvalovacímu postupu...“



Je zřejmé, že pro splnění podmínek uvedených v normě [40] byla v první řadě oslovena technická komise posuzující bezpečnost zkušebního zařízení. Pět členná technická komise byla jmenována děkanem fakulty a v souladu s normou [40] Příloha E - Konstrukce zařízení, bod E.1-E. 7 posoudila bezpečnostní aspekty a prvky zařízení (obr. 1–61 až obr. 1–63) a vydala souhlas s jeho provozováním v „Protokolu technické komise“, obr. 1–60. Pro splnění důležitého požadavku normy umožnit pokusné osobě kdykoliv ustoupit od zkoušky před začátkem i v jeho průběhu byl v karoserii umístěn Total-Stop, který pokusná osoba může kdykoli nezávisle na obsluze použít a zkoušku okamžitě ukončit, obr. 1–61. Takových povinných prvků pasivní i aktivní bezpečnosti je více, např. bezpečnostní prvky sledující kritické hodnoty zrychlení a zdvihu, obr. 1–62 a obr. 1–63. Poté byly předloženy etické komisi podrobné postupy měření, specifikace pokusných osob a zejména stanovisko technické komise posuzující bezpečnost zkušebního zařízení a na základě jejího projednání a vydání kladného stanoviska mohly být zkoušky na sedačkách s pokusnými osobami zahájeny.

Všechny prováděné zkoušky byly zdokumentovány v písemné podobě ve formě „Protokolů o zkoušce“ obr. 1–70.



Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní

Důvěrné

**Protokol
z jednání Technické komise pro posouzení technické bezpečnosti
experimentálního zařízení pro zkoušky s lidmi**

Technická komise jmenovaná děkanem Fakulty strojní Technické univerzity v Liberci
ve složení:

Ing. Jaroslav Břiza, CSc.	GTM s.r.o. Praha
Doc. Ing. Pavel Souček, DRSc.	FS ČVUT Praha
Ing. Ivan Kraus	SEALL v.o.s. Chomutov
Ing. Roman Minařík	ŠkodaAuto a.s., Mladá Boleslav
Ing. Ondřej Vopička	ŠkodaAuto a.s., Mladá Boleslav

se sešla dne 18. 1. 2007, aby ve smyslu normy *ČSN EN ISO 13060-1 Vibrace a rázy – Pokyny pro bezpečnostní hlediska zkoušek a pokusů na lidech*, posoudila způsobilost a bezpečnost experimentálního zařízení pro hodnocení přenosu vibrací v soustavě sedadlo vozidla – člověk (řidič).

Na jednání komise se omluvili:

Autoři experimentálního zařízení pro hodnocení přenosu vibrací v soustavě sedadlo vozidla – člověk (řidič) - doc. Ing. Vítězslav Fliegel, CSc., Ing. Rudolfem Martonka a Ing. Tomáš Zůbek seznámili komisi s konstrukcí, funkcí a bezpečnostními prvky experimentálního zařízení instalovaného v hydrodynamické laboratoři Fakulty strojní Technické univerzity v Liberci.

Technická komise konstatuje:

že, jsou splněny všechny podmínky Přílohy E normy *ČSN EN ISO 13090-01 Vibrace a rázy – Pokyny pro bezpečnostní hlediska zkoušek a pokusů na lidech – Část 1: Expozice celkovým vibracím a opakovaným rázům* a normy ISO 10326-1:1992, ISO 2631-1 a v jejich smyslu uděluje povolení k provozu tohoto experimentálního zařízení pro zkoušky s lidmi zahrnující expozici vibracím a opakovaným rázům s pokusnými osobami



Obr. 1–61. Pracoviště P7 – Bezpečnostní prvky a zařízení – Total Stop



Obr. 1–62. Pracoviště P7 – optická závora



Obr. 1–63. Pracoviště P7 – akcelerometr



Následně byl sestaven protokol v souladu s Přílohou F normy [40] „Obsah protokolu o pokusu nebo zkoušce“, bod F.3-F.4). Protokol mimo jiné obsahuje skupinu zkušebních osob, jako např. na obr. 1–67. Sedačka je zatěžována zkušební osobou, počet zkušebních osob je 9, tab. 1–65. Vybrané osoby jsou určeny pro všechna měření a nesmí být během měření vyměněny. Jak je zřejmé z tabulky, jejich hmotnost leží v rozmezí 50-100 kg. Tyto hmotnosti za normálních okolností odpovídají procentnímu percentilu hmotnosti populace uživatelů automobilu. Každá zkušební osoba je zkoušena opakovaně ve třech různých dnech s odstupem jednoho týdne ve třech různých dobách dne. Odchylka hmotnosti zkoušené osoby mezi jednotlivými zkouškami musí být menší než $< 5\%$. Typy zkušebních signálů musí být schváleny a jsou součástí aplikační normy, tab. 1–66. Schválené expozice vibrační a opakovaných rázů tab. 1–64 [40] vyžadující přítomnost lékaře.

Doba trvání expozice během jedné periody 24 hodin	16 min	1 hod	4 hod	8 hod
Zrychlení m/s ² (0.225g) Celková vážená hodnota zrychlení	2,20	1,60	1,10	0,90
Poznámka – opakované rázy se kvantifikují efektivními hodnotami zrychlení jen velmi přibližně				

Tab. 1–64. Expozice vibračním a rázům vyžadující přítomnost lékaře

No	Pohlaví	Percentil	Korpulence	Vzrůst	Počet
1	žena	5	štíhlý	trpaslík	1
2	žena	5	střední	průměrný	1
3	žena	50	střední	průměrný	2
4	muž	50	střední	průměrný	2
5	muž	50	silný	průměrný	1
6	muž	95	střední	průměrný	1
7	muž	95	silný	obr	1

No	Pohlaví	Váha	Korpulence	Vzrůst	Počet
1	žena	40-50	štíhlý	165	1
2	žena	40-50	střední	180	1
3	žena	50-60	střední	180	2
4	muž	70-80	střední	180	2
5	muž	70-80	silný	180	1
6	muž	90	střední	180	1
7	muž	90-100	silný	200	1

Tab. 1–65. Charakteristika zkušebních osob (zátěží)

	Zrychlení 0.981 [m/s ²]	Zrychlení 1.962 [m/s ²]	Zrychlení 2.943 [m/s ²]	Zrychlení 3.924 [m/s ²]	Zrychlení 4.905 [m/s ²]
Frekvence, Hz	Amplituda [mm]	Amplituda [mm]	Amplituda [mm]	Amplituda [mm]	Amplituda [mm]
0,1	2487,42	4974,85	7462,27	9949,69	12437,12
0,16	971,65	1943,30	2914,95	3886,60	4858,25
0,315	250,69	501,37	752,06	1002,74	1253,43
0,5	99,50	198,99	298,49	397,99	497,48
1,00	24,87	49,75	74,62	99,50	124,37
1,25	15,92	31,84	47,76	63,68	79,60
1,60	9,72	19,43	29,15	38,87	48,58
2,00	6,22	12,44	18,66	24,87	31,09
2,50	3,98	7,96	11,94	15,92	19,90
3,15	2,51	5,01	7,52	10,03	12,53
4,00	1,55	3,11	4,66	6,22	7,77
5,00	0,99	1,99	2,98	3,98	4,97
6,30	0,63	1,25	1,88	2,51	3,13
8,00	0,39	0,78	1,17	1,55	1,94
10,00	0,25	0,50	0,75	0,99	1,24
12,50	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80
16,00	0,10	0,19	0,29	0,39	0,49

Tab. 1–66. Typy zkušebních signálů SPS1.1

Studie také obsahovala, např. povinný protokol lékařské prohlídky obr. 1–68, Protokol o měření osobě k pokusům s vibracemi a opakovanými rázy, Formulář ke svolení zkušební osoby k pokusům s vibracemi a opakovanými rázy, List individuální analýzy, atd. Celá studie (obsahuje cca 60 stran) byla předložena „Etické komisi pro multicentrická hodnocení při Krajské nemocnici v Liberci“. Výsledkem jednání komise je „Stanovisko etické komise“ obr. 1–69.



Obr. 1–67. Zkušební osoby



MUDr. Otakar Malý, privátní kardiolog
Rumunská 61/8, Liberec 4, tel 482710318

Hmotnost: 105.20 Výška: 164 BMI:39.1
Vyšetření pro TU Liberec a pro auto Škoda Mladá Boleslav
-testy vibrací.

RA:Prarodiče-1 babička malignita nejspíše GIT(pankreas ?
Oba prarodiče-záněty žil-
Oba rodiče v nadváze Otec po JM ve 40 letech+ DM/ins.
oba pracují,2 sour.(sestra v nadváze)fenotypem psych
po otci antropom.po matce.

SA:Svobodná-přítele t.č.nemá.Pracuje v administrativě na
1/2 úvazku + doktorandské studium.Vlastní byt.

GA:Menarché od 13 let dříve horm.antik.Perod 0.

PA:Léky nebere žádné-drogy 0 ale kouří 10-15 c/24 4 roky
alkohol příležitostně.

OA:Adenotomie v 5 letech.alergie žádná.Do puberty bez
nadváhy-poté 2 z akcelorovaný přírůstek hmotnosti se
stabilisací v dospělosti.Toler.námahy dobrá-spinning
plavání,aerobic...Limit.dužností přiměř(a očekávanou)

Nikdy neměla problémy v prostředí vibrací.Žádná klini
ka lithiasy.

25 let 164 cm 105.2 kg BMI 39.1 TUK 41.1%43.2 kg W/R=
116/117 paže 41 cm TK 120/70 manžeta 17 cm TP 65/min.
Obesita ještě II stupně,v dobré psych kondici.Žádný arcus,norm nález
plicní a orient.neurologický.Krční cévy
v pořádku SŽ,hůře hostnit,při silnějším krku.Sklíp,dýchá
ní hepar-lien hůře hodn nezdahí se být zvětšená,mírné otoky DK
tepenný systém v normě drobné varixy bérce sin.
Pedes aequinovari.Pravidlifer.akce srdeční,norm.nález plicní.

EKG: sinus PQ 016 varib T III drobný inkomp RB T+ ST isoel bez hyp.
komor.

SPIRO: VC= 90% V1=116% PEV 98 % Norma

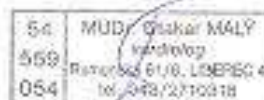
Závěr klinický: 1.pozitivní rodinná anamnesa
2.kumulace RF: Obesita II-III
nikotinizmus

Klinická doporučení:Podalá promyšlená redukce hmotnosti
Stop nikotin,dostatek ortoped.šetrného
pohybu.Vhodné upřesnění metabolické lab.
Všetaš TMS.
Struktura těl,hmoty BIA metodikou TUL.

Plánovaného programu TUL schopná bez mimoř.opatření.

MUDr. Otakar Malý

Dne: 01.08.2005



Obr. 1–68. Příklad Protokolu ze zdravotní prohlídky zkušební osoby



ETICKÁ KOMISE PRO MULTICENTRICKÁ HODNOCENÍ

Krajská nemocnice Liberec

Liberec, Husova 10, 460 63, tel/fax 485312835, e-mail: eticka.komise@nemlib.cz

STANOVISKO ETICKÉ KOMISE

Název projektu:

Protokol o pokusu nebo zkoušce 01/2007 – Vliv mechanických vibrací na člověka
Dodržování pravidel etického chování při ochraně pokusných osob před poškozením,
zachování práv pokusné osoby

Hlavní řešitel:

Technická univerzita v Liberci, fakulta strojní

Datum podání žádosti:

27.2.2007

Datum jednání EK:

28.3.2007

č. EK/37/2007

Žadatel:

doc. Ing. Vítězslav Fliegel, CSc.

Seznam hodnocených dokumentů:

1. Protokol o pokusu
2. Informovaný souhlas (příloha 13 – Příloha B – informativní)
3. Kvalita a bezpečnost sezení (14 příloh)

Stanovisko:

EK posoudila etická hlediska předloženého projektu a vydává **souhlasné stanovisko**.

Další ustanovení a podmínky:

Podmínkou tohoto souhlasného stanoviska je, že zkoušející dodrží všechna právní ustanovení, platná v ČR.

Další podmínky ke stanovisku EK:

doplnit Protokol o pokusu nebo zkoušce 01/2007

- k bodu d)

... Všechny pokusné osoby jsou plně seznámeny se zkušebním postupem ... doplnit
a riziky pro své zdraví ... podepisují formulář ...

- k bodu e)

1. Výše odměn pokusným osobám by neměla být tak vysoká, aby je motivovala k účasti i v případě ohrožení jejich zdraví

2. Expoziční maxima vibrací nesmějí přesáhnout přípustné hygienické limity hluku a vibrací, stanovené nařízením vlády č. 148/2006 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

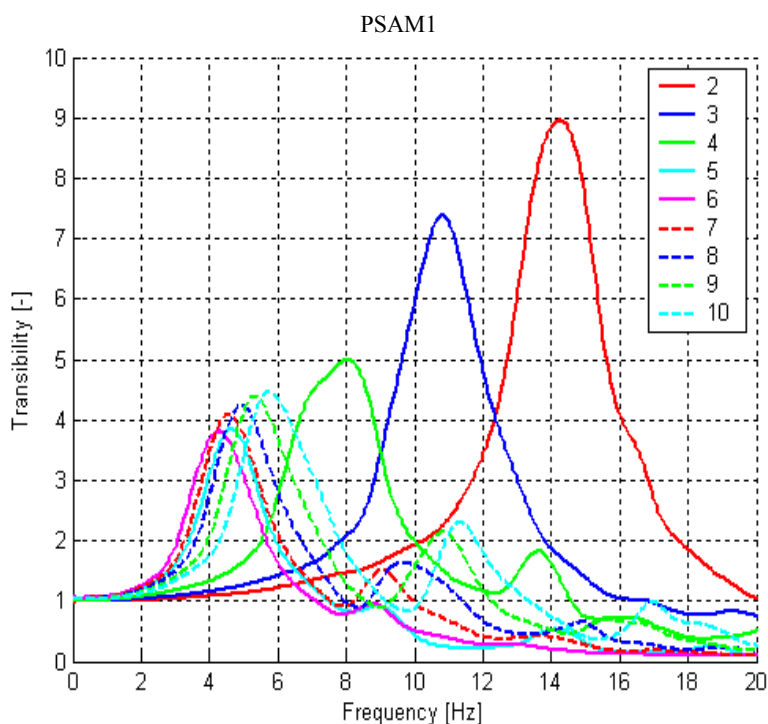
Obr. 1–69. Protokol Etické komise



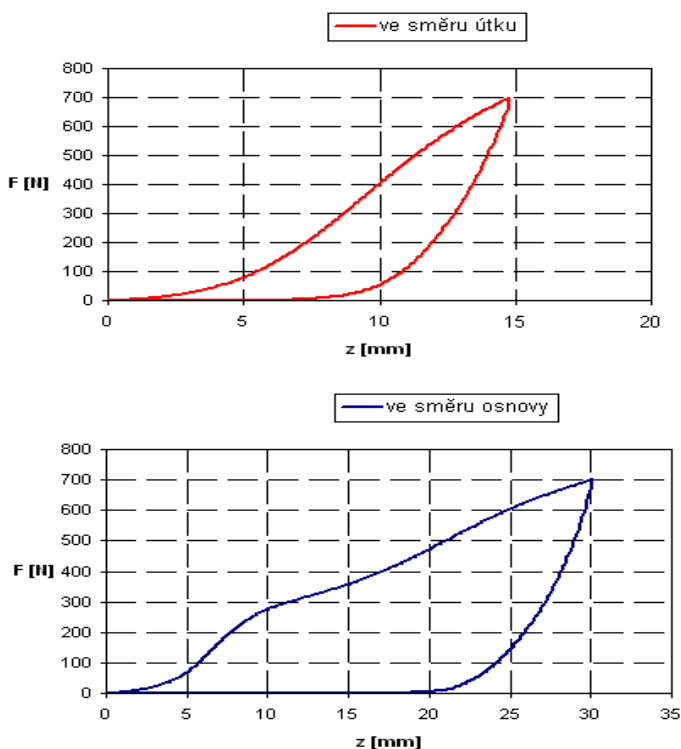
Obr. 1-70. Protokoly o zkoušce

f) Příklady výsledků zkoušek

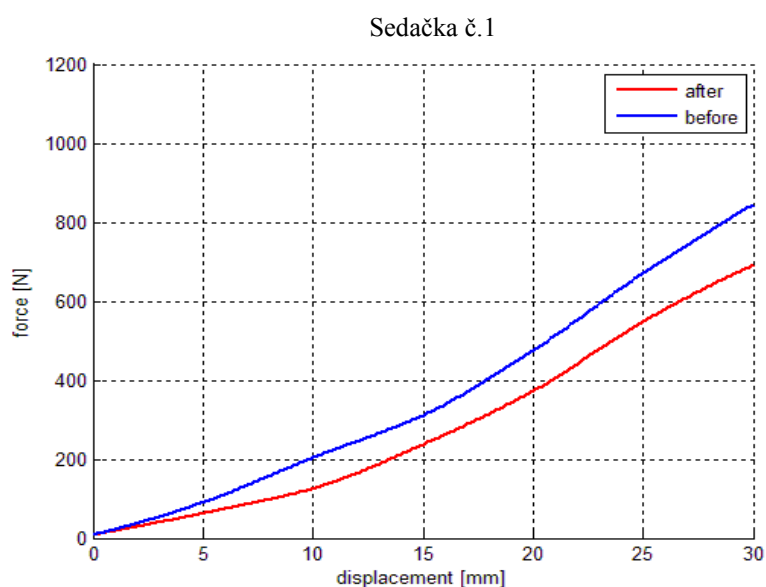
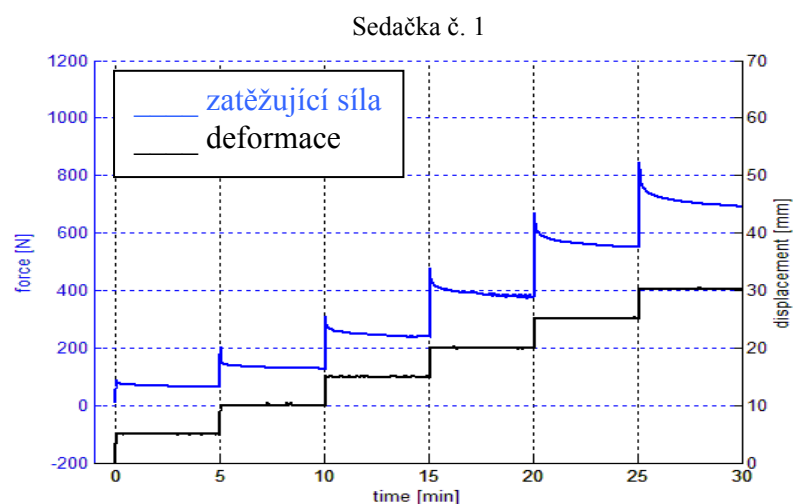
V této části jsou prezentovány příklady měření na jednotlivých pracovištích.



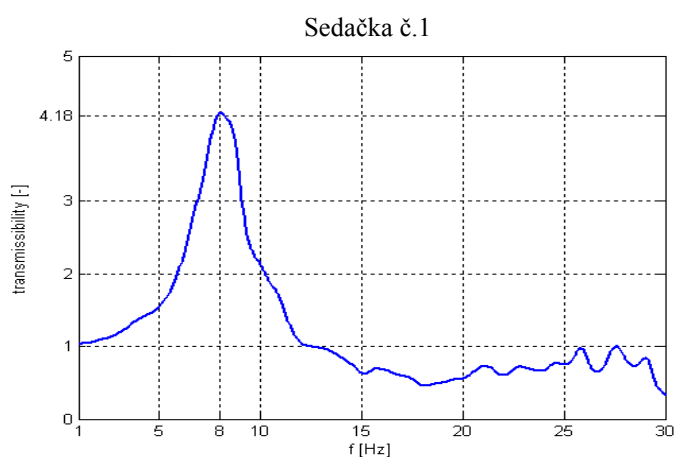
Obr. 1–71. Pracoviště P1–Přenos vibrací v závislosti na frekvenci pro zátěže od 2 do 10 kg.



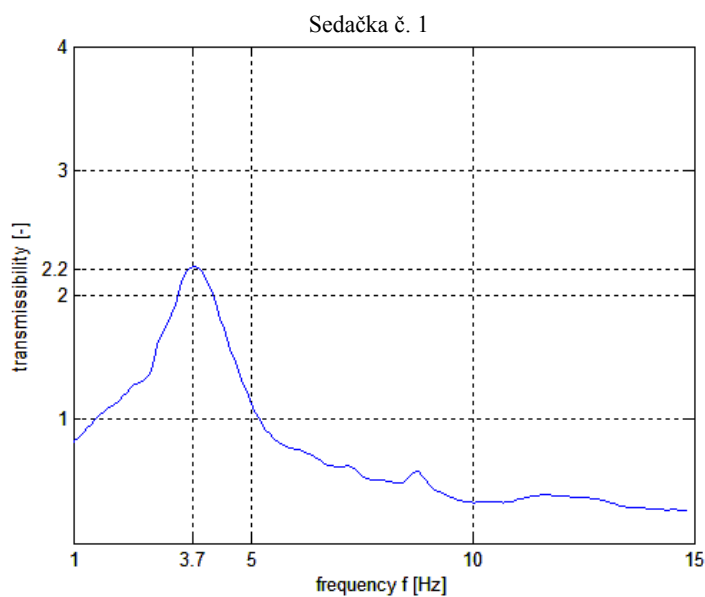
Obr. 1–72. Pracoviště P2–Závislost zatěžující síly a deformace vzorku potahu.



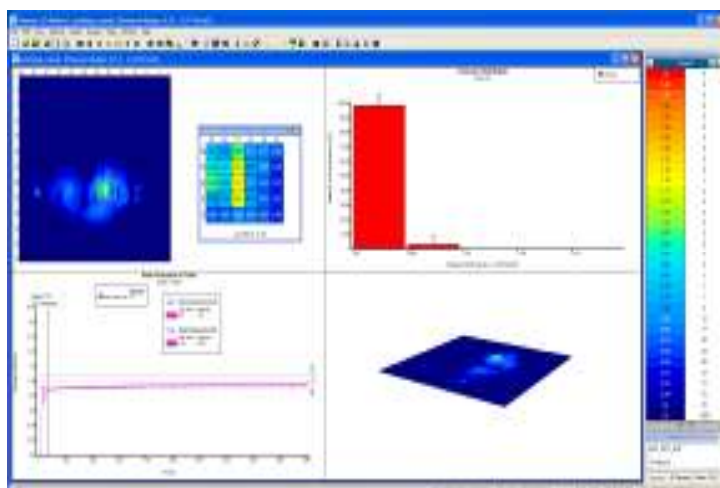
Obr. 1–73. Pracoviště P4 – statické charakteristiky sedáku



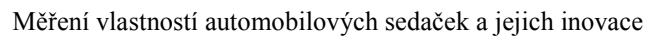
Obr. 1–74. Pracoviště P7 – přenosová charakteristika sedačky a pevnou zátěží



Obr. 1–75. Pracoviště P7 – přenosová charakteristika sedačky a lidskou zátěží



Obr. 1–76. Pracoviště P5 – Měření kontaktních tlaků s pevnou zátěží



Závislost prodyšnosti sedáku v zadní části - Sedačka č.1

The graph shows the breathability of the rear part of seat No. 1. The y-axis represents breathability in l/s, ranging from 0 to 50. The x-axis represents deformation in mm, ranging from 0 to 30. Two data series are plotted: 'Zadní část 0min' (red line with square markers) and 'Zadní část 5min' (blue line with diamond markers). Both series show a sharp decrease in breathability as deformation increases from 0 to 10 mm, followed by a gradual decline. The 5-minute series consistently shows slightly higher breathability than the 0-minute series across the measured range.

Deformace [mm]	Zadní část 0min [l/s]	Zadní část 5min [l/s]
0	36	38
5	20	21
10	14	15
15	12	13
20	11	12
25	10	11
30	9	10



Obr. 1–78. Pracoviště P8 – Měření prodyšnosti – tvarovka T 7.1



1.4. Závěr

Byla zkonstruována a vyrobena řada originálních zkušebních zařízení (8 pracovišť). Vznikl tak jedinečný ucelený komplex zařízení určený pro zjišťování vlastností sedaček zjišťování vlastností materiálů používaných k výrobě sedaček. Stěžejním pracovištěm je pracoviště pro zkoušení sedaček s lidskou zátěží. Pro toto pracoviště byla získána licence pro zkoušky s lidmi (na základě kladného vyjádření etické a technické komise).

Na všechna zkušební zařízení byly vytvořeny jejich předvýrobní počítačové modely, které byly analyzovány a byla vždy vybrána optimální varianta pro výrobu. Byla vypracována kompletní výrobní výkresová dokumentace a řízena jejich výroba.

Pro každé zkušební zařízení byly vypracovány podrobné metodiky zkoušení, navrženy testovací signály a definice měřených parametrů, zvolen způsob ukládání měřených parametrů, jejich zpracování a prezentace měřených parametrů.

Pro každé pracoviště byl navržen a vyroben komplex zkušebních tvarovek a zátěží. Pro lidskou zátěž splňující podmínky normy ČSN EN ISO 13090-1/1998 byla vytvořena skupina zkoušených osob. Všechny osoby prošli podrobnou lékařskou prohlídkou a získali povolení pro zkoušení.

Všechny zkoušky byly navrženy jak pro statické, tak pro dynamické zatěžování. Statické zkoušky jsou prováděny pro zatěžující síly v rozsahu od 10 do 1500 N, dynamické zkoušky jsou prováděny v rozsahu frekvencí od 1 do 25 Hz se stejnými zátěžemi.

Byly navrženy a realizovány standardizované protokoly zkoušek, měřicí řetězce včetně odpovídajících snímačů a provedena jejich kalibrace.

Pro zkoušky byly upraveny karosérie automobilů Octavia a Fabia. Byly ponechány volant, pedály a sériové kotvení sedaček včetně bezpečnostních pásů.

Byla nastudována metodika ovládání hydrodynamických budičů včetně všech principů bezpečnosti zkoušení (hlavně u zkoušek s lidskou zátěží).

Výsledky uvedené v této kapitole byly publikovány ve 13 člancích v časopisech a na konferencích a byl zaregistrován 1 užitečný vzor.

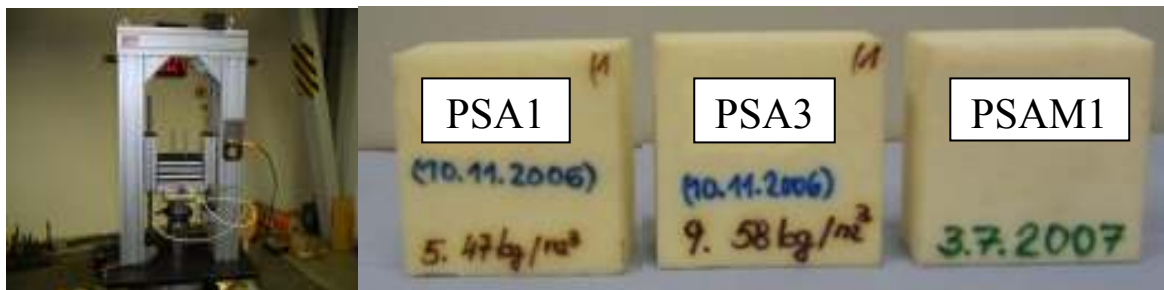
2. Experimentální výzkum materiálů sedáků a kompletních sedaček. Výsledky výzkumu. Použití pro simulace.

Pro určení vlastností sedaček bylo potřebné zkoušet jednak všechny materiály používané při jejich výrobě a také celé sedačky. Zkoušením vzorků materiálů jednotlivých komponentů byly zjišťovány jejich materiálové vlastnosti nezávisle na jejich konečné geometrii a interakci s jinými materiály (např. pěnová výplň a napětí potahu). Rozměry vzorků byly určeny tak, aby vyhovovaly zkouškám (normy zatím neexistují). Následně byly rozměry standardizovány pro stejné typy materiálů (stejně vzorky + stejné metodiky). Tím byla zaručena standardní platforma pro porovnání zkoušek. Dále byly zkoušeny celé komponenty v jejich konečné geometrii, celé sedačky a rozpracovány úplné zkušební metodiky, které byly použity pro všechna měření.

2.1. Zkoušení vzorků a celých výplní sedáků z PU pěn

a) Zjišťování statických charakteristik vzorků z PU pěn- tvarovka T 1.1

Pro zjišťování statických charakteristik byly vybrány vzorky z PU pěny PSA1 (hustota 47 kg/m^3), PSA3 (hustota 58 kg/m^3), PSAM1 (hustota 58 kg/m^3), obr. 2–1 a zatěžovány podle metodiky M1.1 a M1.2 tvarovkou T1.1 – rovná deska. Vzorky byly získány, jak již bylo uvedeno, ve čtyřech kusech vyříznutím z hotové pěnové výplně (viz. obr.1–31). Vzorky byly následně uchovány v boxu bez přístupu světla a při laboratorní teplotě 20°C . Využitelnost takových vzorků pro měření je cca 1 rok. Po této době vzorky vykazují znaky stárnutí. Také po zatěžování není vhodné vzorky opětovně používat. Pro statistické zpracování výsledků byla provedena vždy sada 6 měření na každém vzorku. Výsledky zkoušek vzorků z PU jsou na následujících obr. 2–2 a obr. 2–3.



Obr. 2–1. Vzorky PU pěn

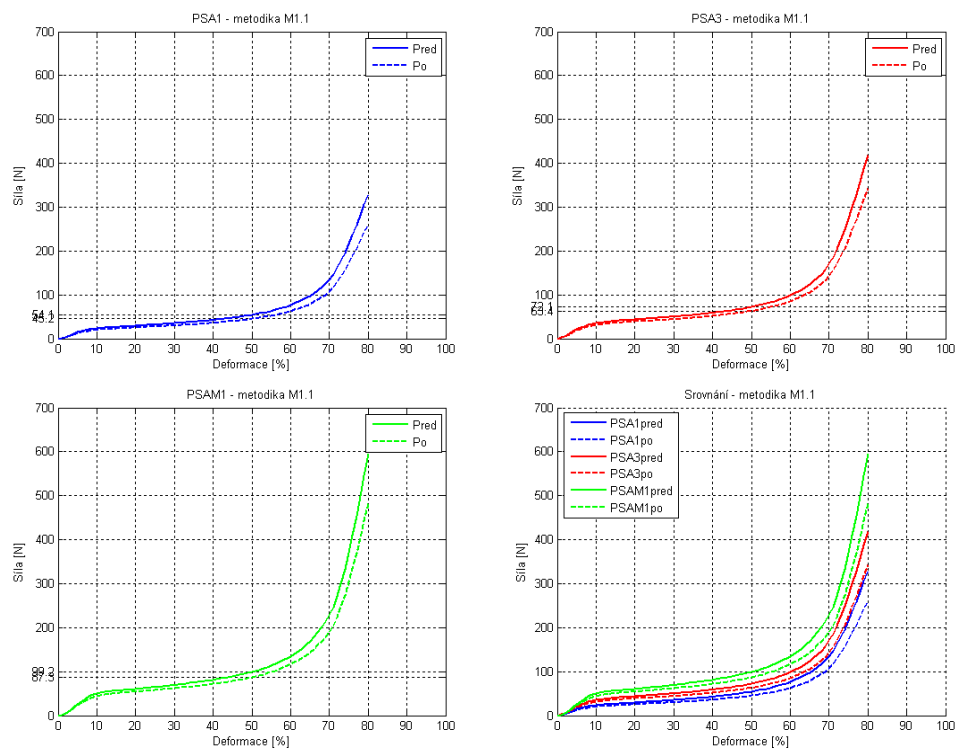
[18] Martonka, R. - Fliegel, V.: Characteristics properties of PU foam.

[19] Fliegel, V. - Martonka, R.: Automobile seats – energy methods measurement.

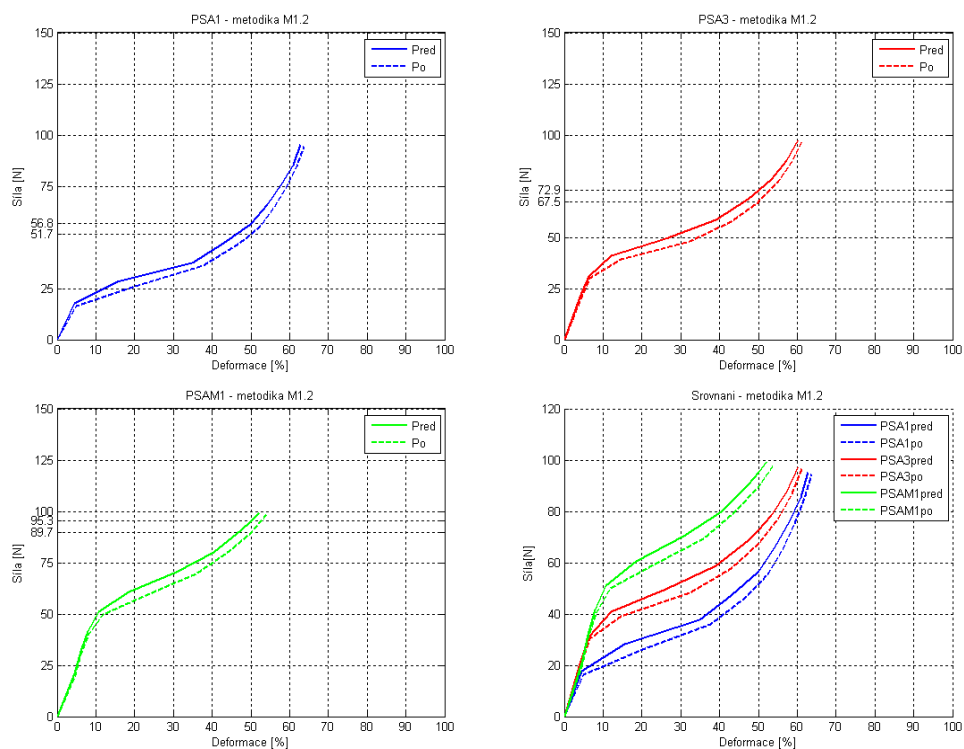
[26] Fliegel, V. - Círk, D. - Petřík, J.- Martonka, R. Spolupráce ve vývoji automobilových sedaček, hodnocení vlastností z hlediska komfortu a bezpečnosti. [Výzkumná zpráva]

[29] Fliegel, V. - Círk, D. - Petřík, J.- Martonka, R. Spolupráce ve vývoji automobilových sedaček, hodnocení vlastností z hlediska komfortu a bezpečnosti. [Výzkumná zpráva]

[30] Fliegel, V. - Círk, D. - Petřík, J.- Martonka, R. – Novák, O. Vliv frekvenčních přenosových charakteristik v systému člověk sedáčka [Výzkumná zpráva]



Obr. 2–2. Výsledky měření statických charakteristik vzorků z PU pěn podle metodiky M1.1



Obr. 2–3. Výsledky měření statických charakteristik vzorků z PU pěn podle metodiky M1.2

Při analýze naměřených charakteristik bylo zjištěno:

1. statické charakteristiky se u jednotlivých vzorků výrazně liší;
2. u všech vzorků jsou tři charakteristické oblasti; progrese, stagnace, druhotná progrese
2. charakteristiky před a po se liší v důsledku relaxace;
3. maximální zatěžovací síla je v intervalu 300 až 600 N;
4. při provedení zkoušek oběma metodikami jsou naměřené charakteristiky srovnatelné;
5. při referenční deformaci 50% je zatěžující síla v intervalu 60 až 95 N;
6. únosnost je nejlepší u vzorku PSAM1.

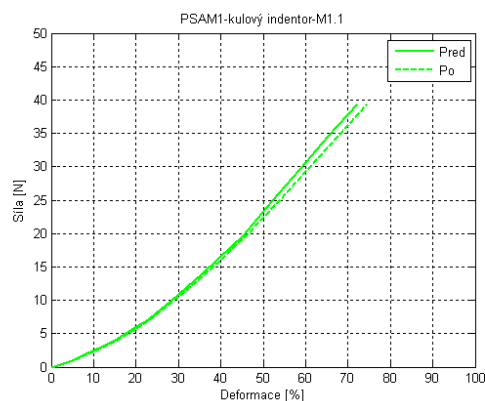
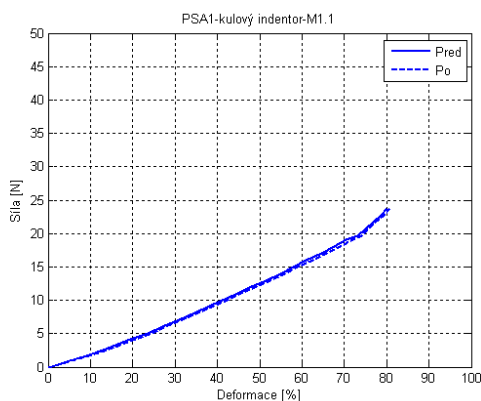
b) Zjišťování statických charakteristik vzorků PU pěn – tvarovka T1.2

Pro zjišťování statických charakteristik byly vybrány vzorky PU pěny PSA1 (hustota 47 kg/m³), PSAM1 (hustota 58 kg/m³) a zatěžovány podle metodiky M1.1 tvarovkou T1.2 - kulový indentor obr. 2 – 4.

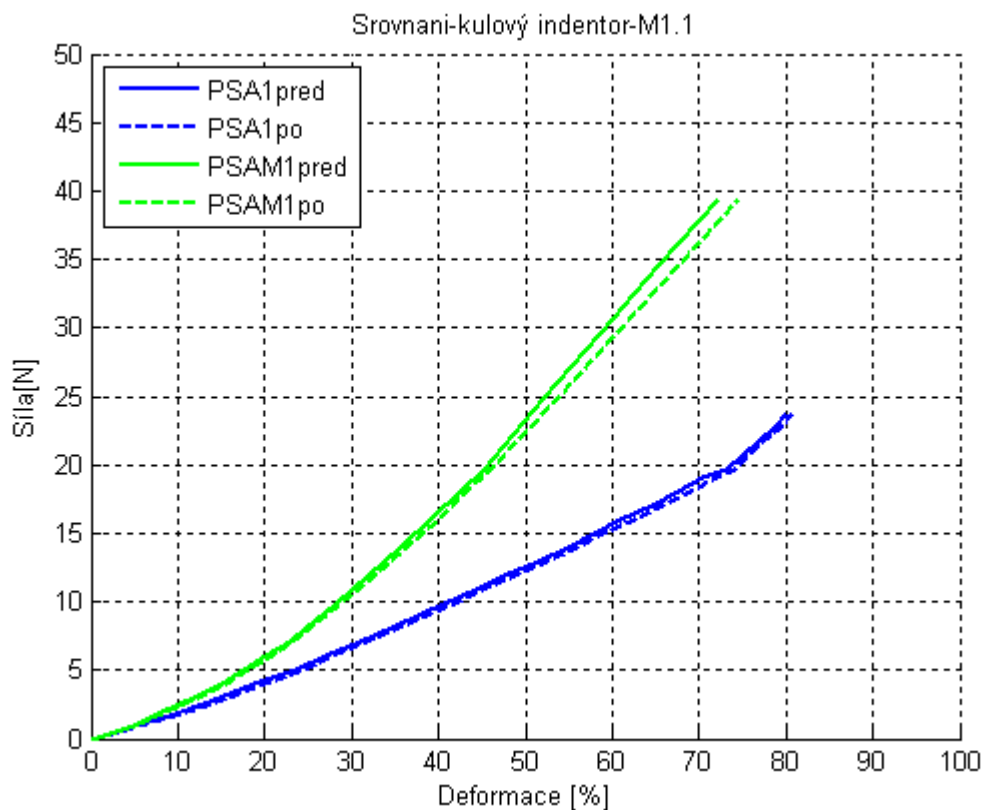


Obr. 2–4. Zkoušení kulovým indentorem

Výsledky měření vzorků z PU jsou na následujících obr. 2–5 a obr. 2–6 .



Obr. 2–5. Výsledky měření statických charakteristik vzorků PU pěn podle metodiky M1.1



Obr. 2–6. Porovnání statických charakteristik vzorků PU pěn podle metodiky M1.1

Při analýze naměřených charakteristik bylo zjištěno:

1. statická charakteristika závisí na tvaru indentoru (rovná deska x kulový indentor)
2. tři charakteristické oblasti jako rovné desky zde nejsou
3. maximální zatěžovací síla je v intervalu 25 až 40 N
4. únosnost je nejlepší u vzorku PSAM1

c) Zjišťování statických charakteristik vzorků PU pěn - vrstvy

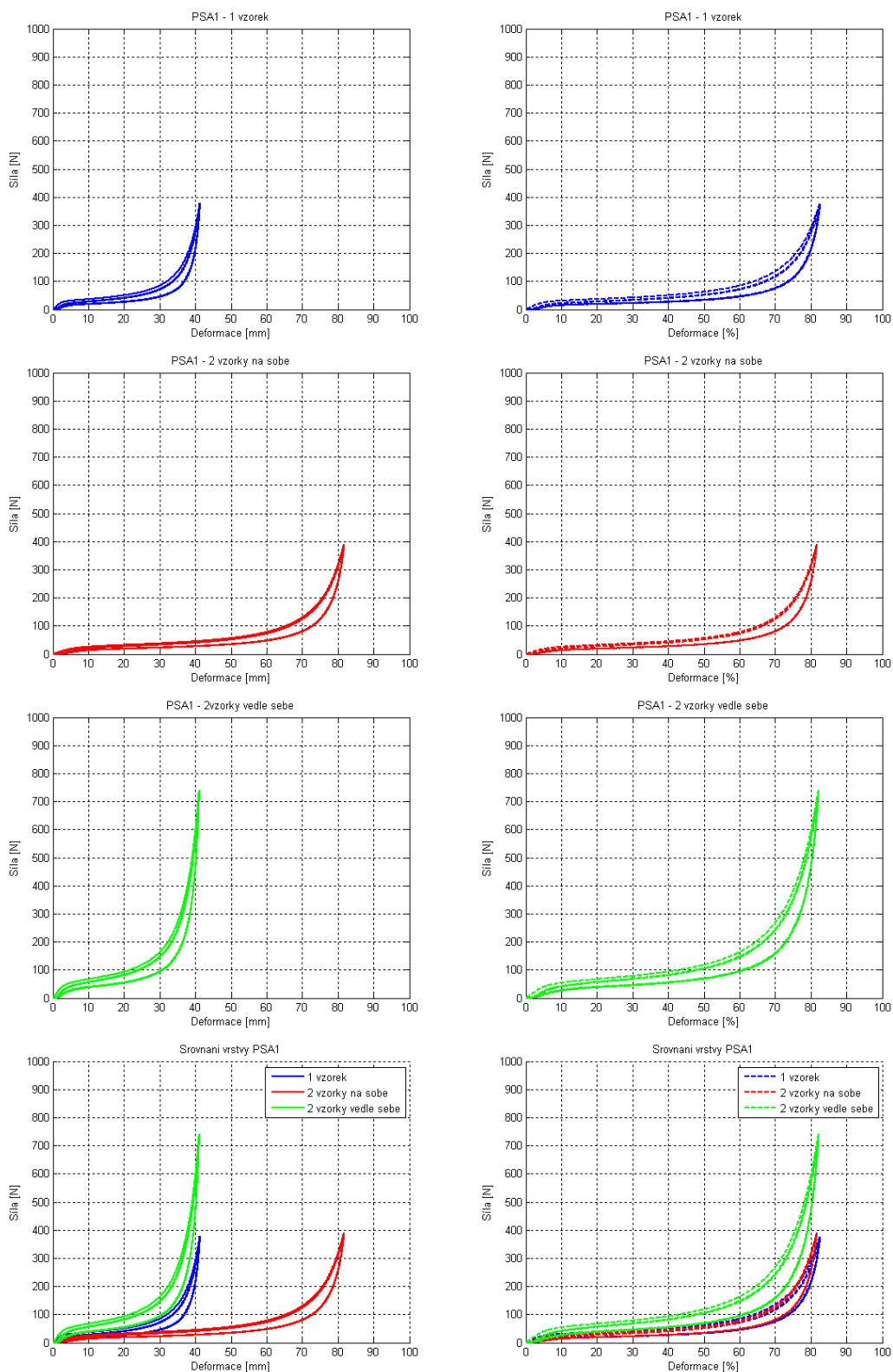
Pro zjišťování statických charakteristik byly vybrány vzorky PU pěn PSA1 (hustota 47 kg/m³) a zatěžovány tvarovkou T 1.1 - rovnou deskou, vždy třemi cykly.



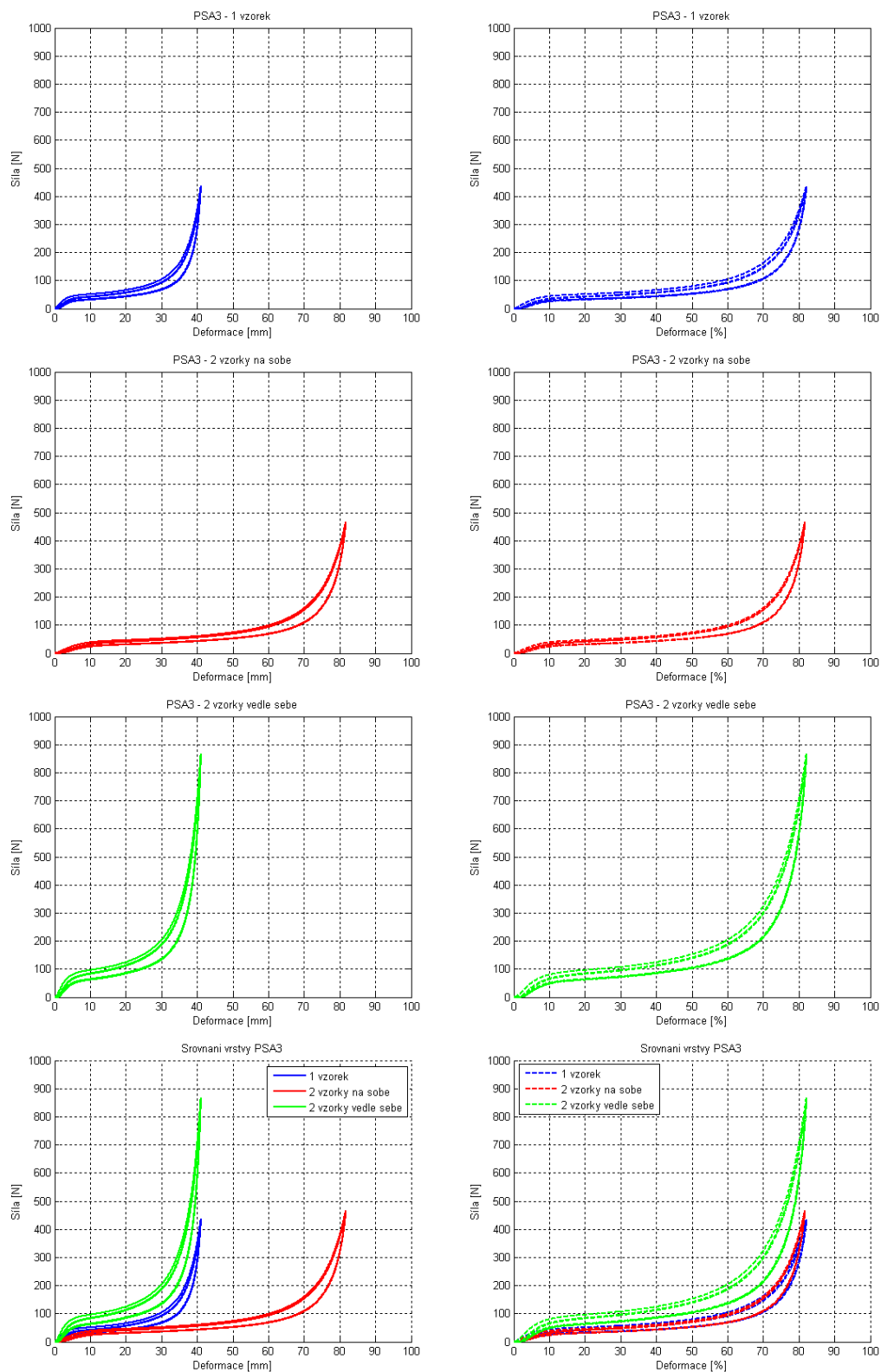
Obr. 2–7. Zkoušení vzorků PU pěny tvarovkou T 1.1 - rovnou deskou (samostatný vzorek, vzorky za sebou, vedle sebe)



Výsledky měření vzorků z PU pěny jsou na následujících obr. 2–8.



Obr. 2–8. Výsledky měření statických charakteristik vzorků z PU pěn PSA1 podle metodiky M1.4



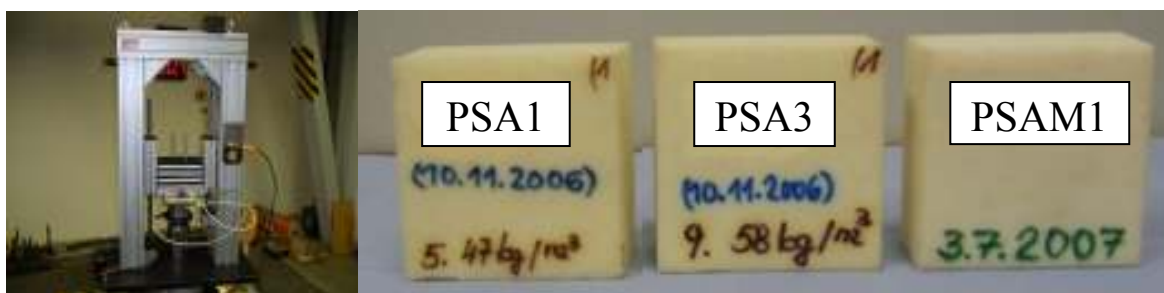
Obr. 2–9. Výsledky měření statických charakteristik vzorků z PU pěn PSAM1 podle metodiky M1.4

Při analýze naměřených charakteristik bylo zjištěno:

1. charakteristiky jsou stejné pro jeden vzorek a pro dva vzorky pro sériové uspořádání (na sobě), nezávisí na výšce vzorku;
2. charakteristiky pro jeden vzorek a pro dva vzorky pro paralelní uspořádání (vedle sebe); se liší dvojnásobnou zatěžovací silou, protože vzrostla dvojnásobně tuhost;

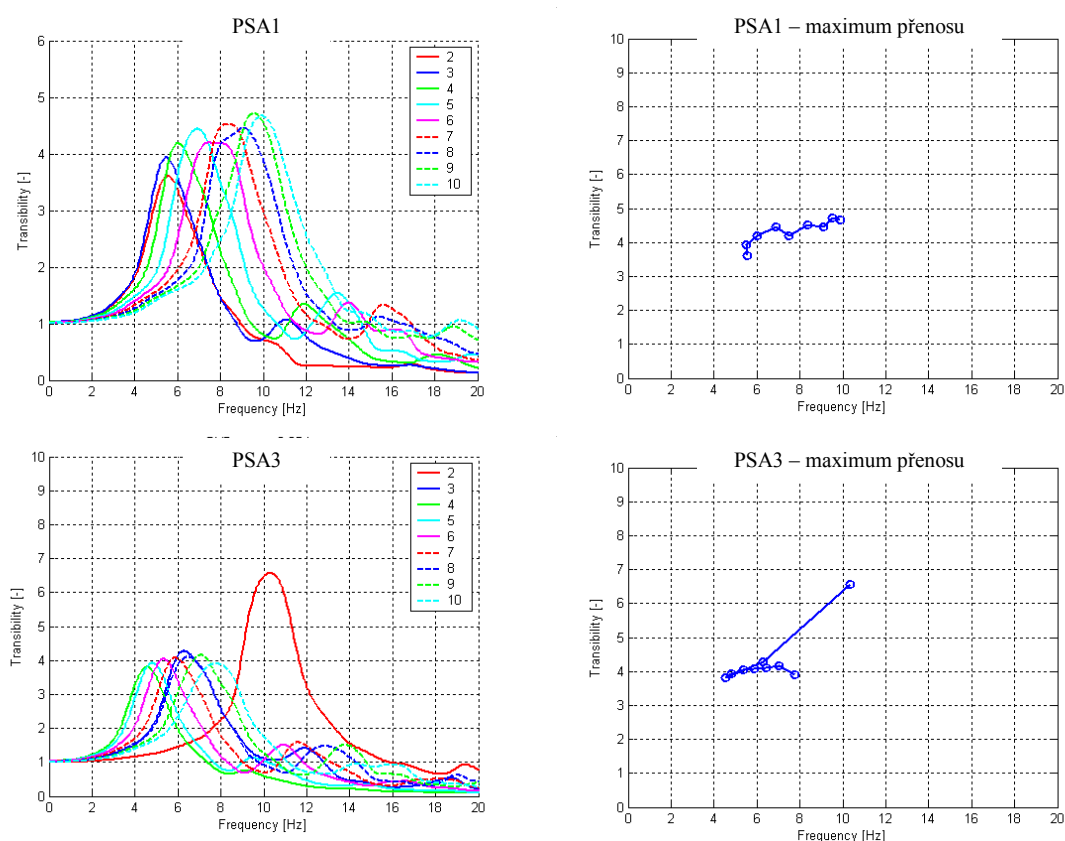
d) Zjišťování dynamických charakteristik vzorků z PU pěň

Pro zjišťování dynamických charakteristik byly vybrány vzorky PU pěň PSA1 (hustota 47 kg/m³), PSA3 (hustota 58 kg/m³), PSAM1 (hustota 58 kg/m³) a zatěžovány podle metodiky M1.3. tvarovkou T1.1.

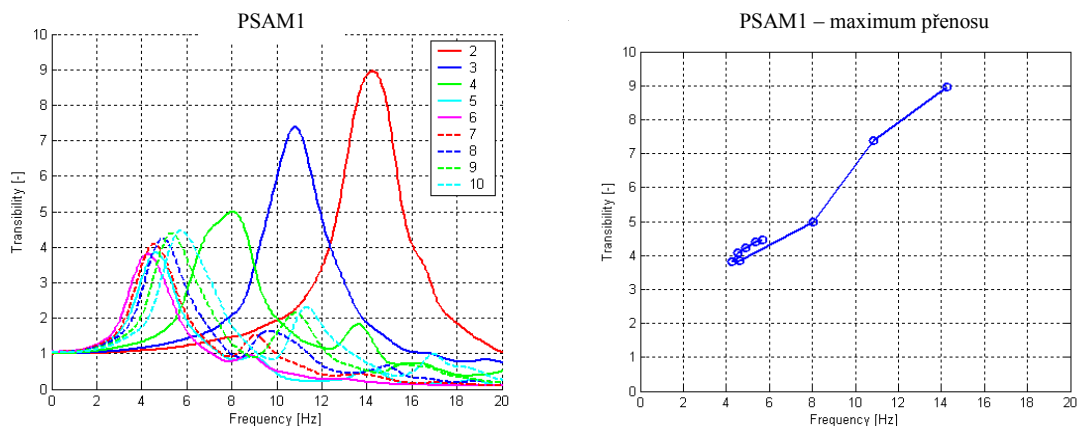


Obr. 2–10. Zjišťování dynamických charakteristik vzorků z PU pěň

Výsledky zkoušek vzorků z PU pěň jsou na následujících obr. 2–11 a obr. 2-12.



Obr. 2–11. Výsledky měření přenosových charakteristik vzorků z PU pěň podle metodiky M1.3.



Obr. 2–12. Výsledky měření dynamických charakteristik vzorků z PU pěn podle metodiky M1.3.

Při analýze naměřených charakteristik bylo zjištěno:

1. přenos vibrací je v intervalu 3,8 až 9,1 a rezonanční frekvence je v rozsahu 4,2 až 14,5 Hz
2. s rostoucí zátěží klesá rezonanční frekvence i přenos, v důsledku polohy pracovního bodu na statické charakteristice (viz. obr.2–2)
3. při zatížení mezní zátěží dochází k překmitu a frekvence i přenos rostou (nadkritická oblast)
4. u vzorku PSA1 dochází již při nejmenším zatížení (závaží 2kg) k jeho přetížení, nacházíme se již v nadkritické oblasti
5. u vzorku PSAM1 a PSA3 jsou zřetelně znatelná podkritická i nadkritická oblasti

e) Simulování dynamických charakteristik vzorků PU pěn

Po provedení ověřovacích zkoušek následovali simulační testy. Jako první byly provedeny simulační testy dynamických charakteristik pro vzorky z PU pěn, (viz. d). Simulace byly prováděny pomocí SW Mathcad podle analytického vzorce

$$T(\omega) = X_o \cdot \sqrt{\frac{K^2 + (\omega B)^2}{(K - \omega^2 M)^2 + (\omega B)^2}} \quad (2.1)$$

kde

K – koeficient tuhosti

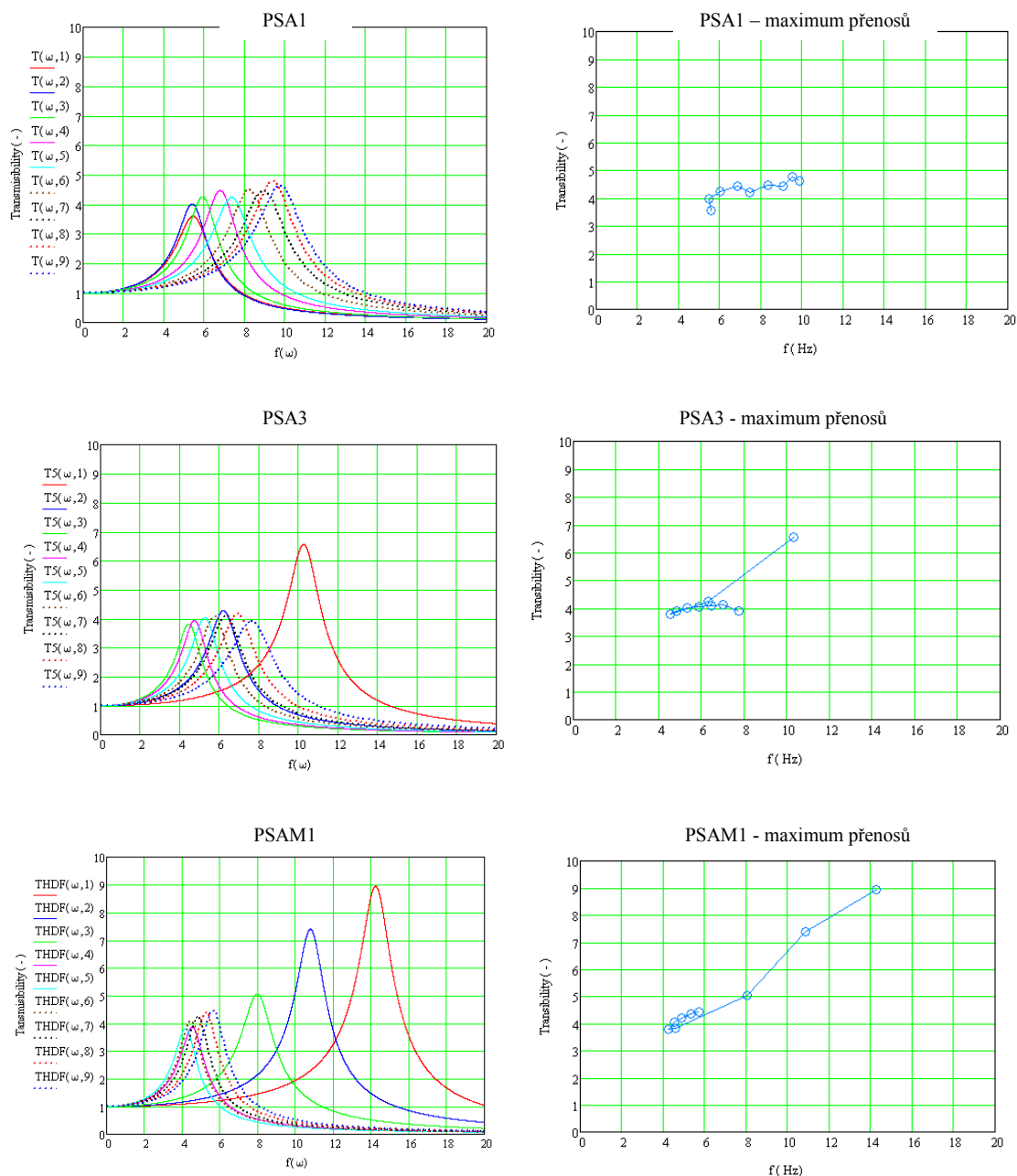
B – koeficient tlumení

ω – proměnná rychlost kmitavého pohybu

X_o – výchylka vstupních vibrací

T – velikost přenosu vibrací (zesílení)

Výsledky simulací vzorků z PU pěn jsou zobrazeny v diagramech na následujícím obr. 2–13.



Obr. 2–13. Výsledky simulací vzorků PU pěň pomocí SW Mathcad

Při analýze simulovaných charakteristik byla zjištěna, porovnáním s výsledky obr. 2–11 a obr. 2–12, jejich dobrá shoda s experimentálními výsledky.

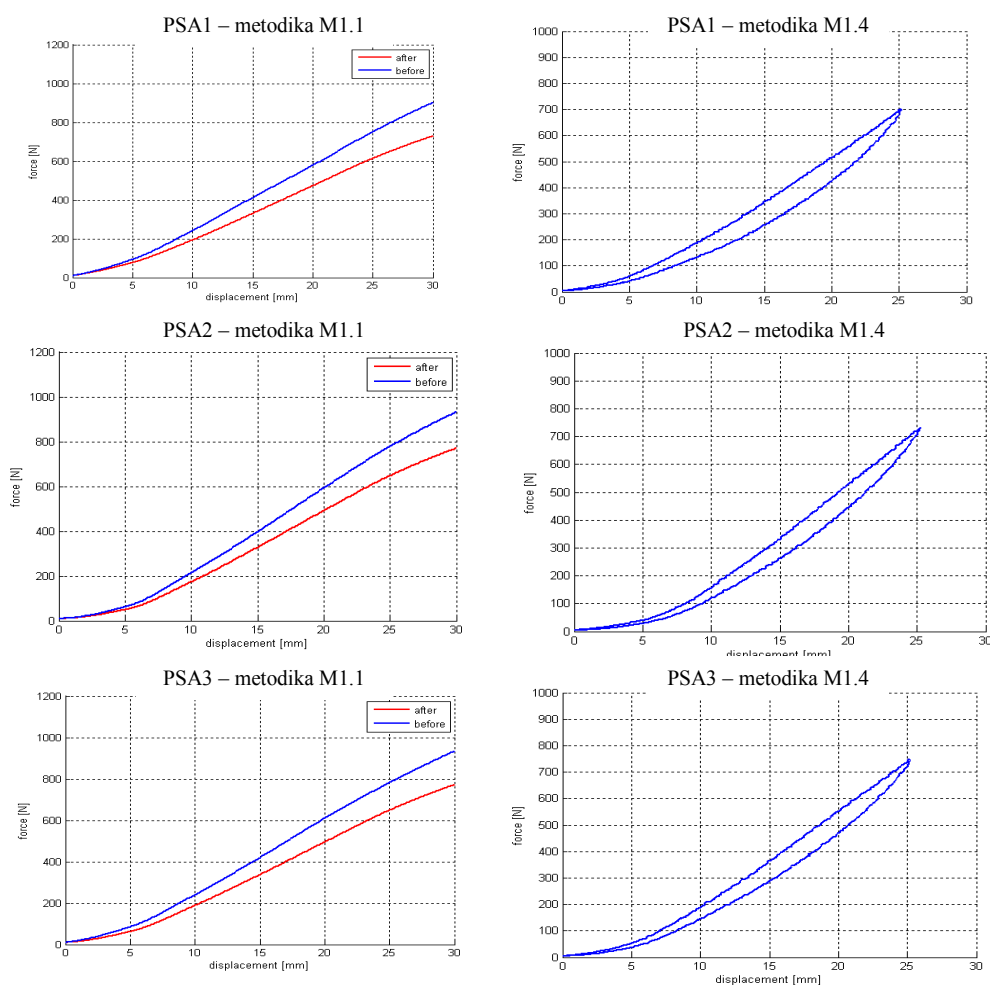
f) Zjišťování statických charakteristik výplní sedáků z PU pěň

Pro zjišťování statických charakteristik byly vybrány vzorky výplní sedáků z PU pěň PSA1 (hustota 47 kg/m³), PSA2 (hustota 54 kg/m³), PSA3 (hustota 58 kg/m³), které byly zkoušeny podle metodik M1.1 a M 1.4 při zatěžování tvarovkou T4.1.



Obr. 2–14. Zjišťování statických charakteristik výplní sedáků z PU pěny

Výsledky zkoušek výplní sedáků z PU pěny jsou na následujícím obr. 2–15.



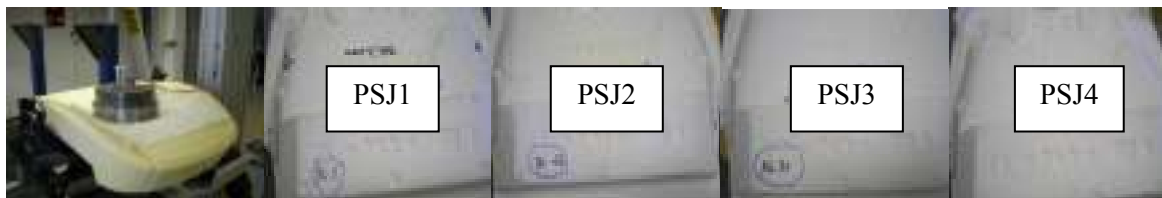
Obr. 2–15. Výsledky zkoušek celých PU výplní sedáků

Při analýze naměřených charakteristik bylo zjištěno:

1. statické charakteristiky se u jednotlivých vzorků liší
2. u všech vzorků nejsou znatelné tři charakteristické oblasti jako u měření vzorků kulovým indentorem
3. charakteristiky před a po časové prodlevě se liší (v důsledku relaxace)
4. maximální zatěžovací síla je v intervalu 700 až 930 N
5. disipované energie je největší u vzorku PSA1

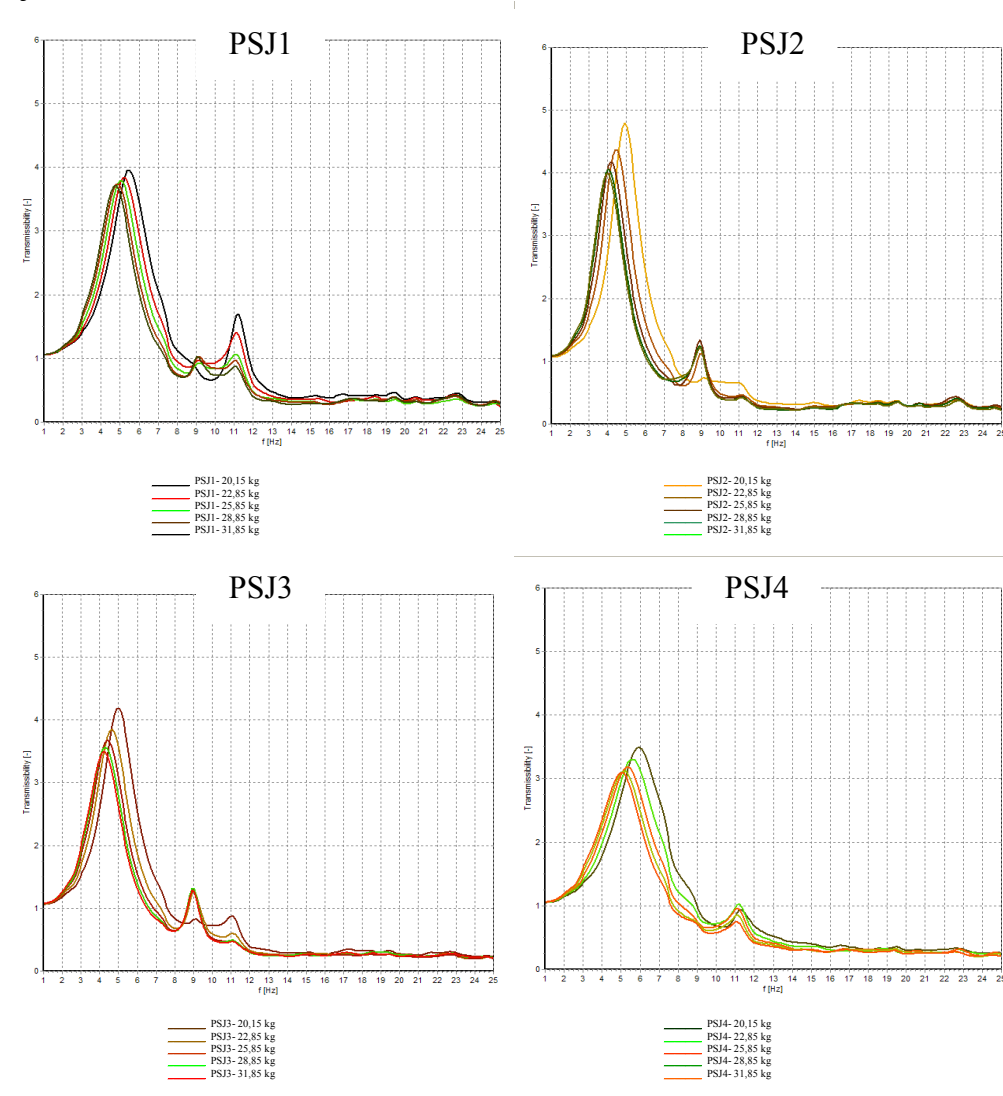
g) Zjišťování dynamických charakteristik výplní sedáků z PU pěny

Pro zjišťování dynamických charakteristik byly vybrány vzorky výplně z PU pěny PSJ1 (hustota 45 kg/m³), PSJ2 (hustota 55 kg/m³), PSJ3 (hustota 65 kg/m³), PSJ4 (hustota 65 kg/m³), které byly zkoušeny podle metodiky M1.3 při zatěžování tvarovkou T3.2.

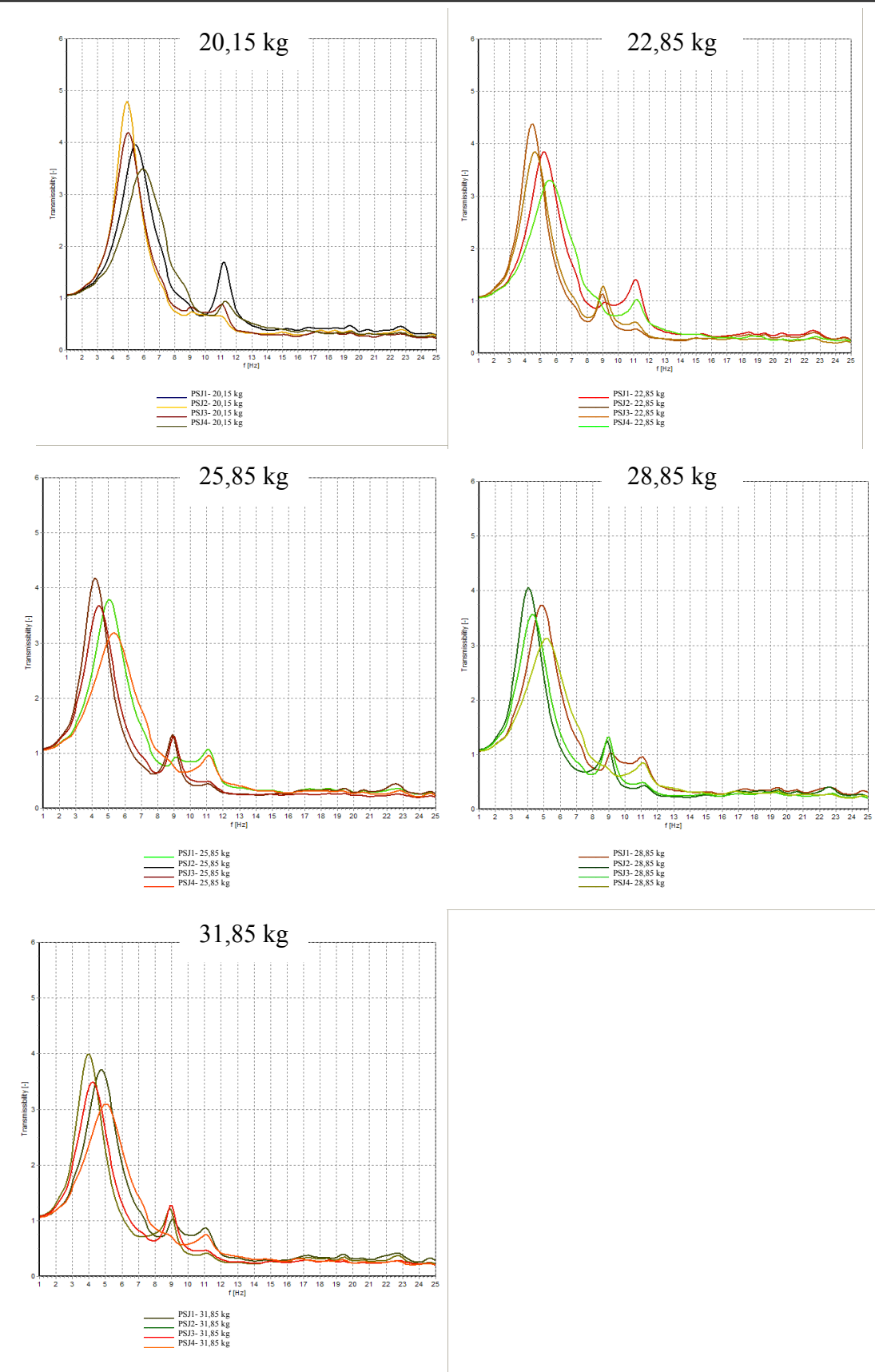


Obr. 2–15. Zkoušení výplní sedáků z PU pěny

Výsledky zkoušek výplně z PU pěny pro různé zátěže (20,15 až 31,85 kg) jsou na následujícím obr. 2–16 a obr. 2–17.



Obr. 2–16. Přenosové charakteristiky jednotlivých sedáků z PU pěny se všemi hmotnostmi



Obr. 2 – 17. Přenosové charakteristiky jednotlivých hmotností na všech sedácích

Při analýze naměřených charakteristik bylo zjištěno, že:

1. přenos vibrací je v intervalu 3,2 až 4,8 a rezonanční frekvence je v rozsahu 4,1 až 6,5 Hz
2. s narůstající zátěží klesá rezonanční frekvence i přenos, v důsledku polohy pracovního bodu na statické charakteristice (viz. obr.2–2)
3. vzájemná poloha přenosových charakteristik u jednotlivých výplní sedáků platí pro všechny hmotnosti
4. pro výplň SJ2 je rezonanční frekvence nejnižší s nejvyšším přenosem a pro výplň SJ4 je to naopak

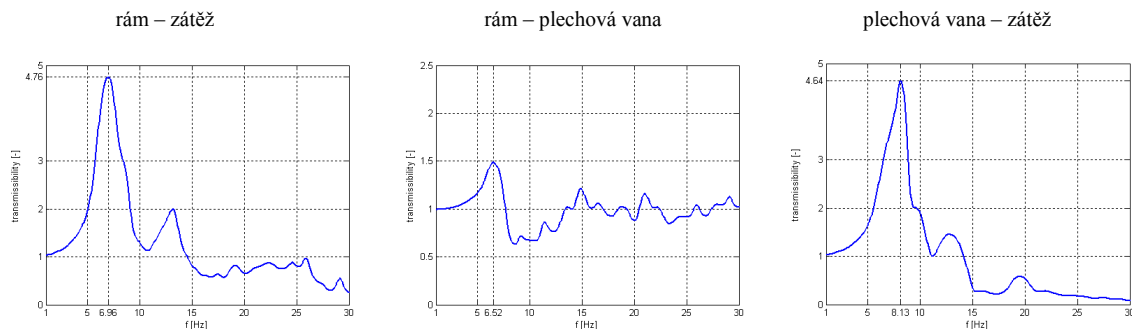
h) Zjišťování dynamických charakteristik plechové vany sedačky

Pro zjišťování dynamických charakteristik plechové vany sedačky byl vybrán vzorek výplně sedáku PSA3 (hustota 58 kg/m^3), zkoušeny podle metodiky M1.3. Zatěžovány tvarovkou T5.1.



Obr. 2 – 18. Zjišťování dynamických charakteristik plechové vany sedačky

Výsledky zkoušek vzorků z PU jsou na následujícím obr. 2–19.



Obr. 2–19. přenosové charakteristiky rámu, plechové vany, zátěže

Při analýze naměřených charakteristik bylo zjištěno:

1. celkový přenos (rám-zátěž) je 4,76 při rezonanční frekvenci 6,96 Hz
2. přenos (rám-plech) je 1,50 při rezonanční frekvenci 6,52 Hz
3. přenos (plech-zátěž) je 4,64 při rezonanční frekvenci 8,13 Hz
4. pružný plech zvyšuje celkovou hodnotu přenosu a snižuje rezonanční frekvenci

Předpoklad, že plechový rám je dokonale tuhý není správný. Ve skutečnosti je plech velmi pružný a ovlivňuje přenosové charakteristiky

2.2. Zkoušení celých sedaček s pevnou zátěží

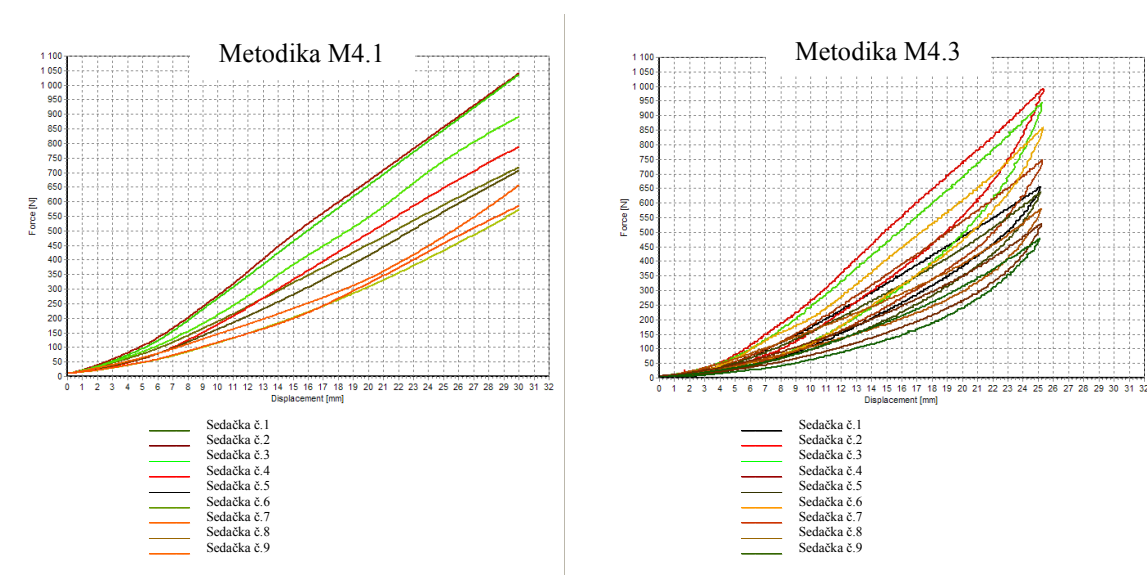
a) Zjišťování statických charakteristik vzorků sériových sedaček

Pro zjišťování statických charakteristik byly vybrány vzorky sériových sedaček evropských automobilových koncernů, které byly zkoušeny podle metodik M4.1 a M4.3 při zatěžování tvarovkou T4.1.



Obr. 2–20 Vzorky sériových sedaček evropských automobilových koncernů

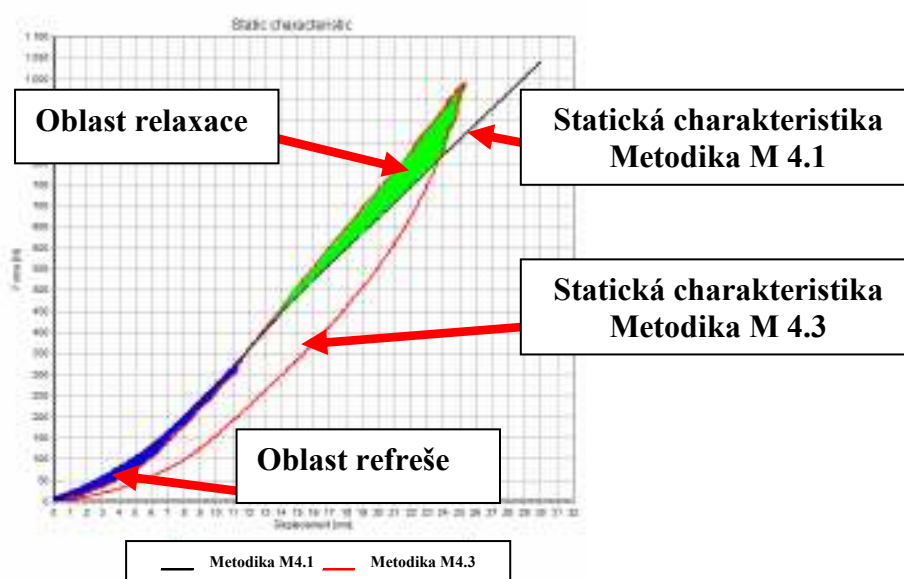
Výsledky zkoušek vzorků sériových sedaček jsou na následujícím obr. 2–21.



Obr. 2–21. Statické charakteristiky vzorků sériových sedaček

Porovnání energetických parametrů	Ev [J]	Edis [J]	δdis [%]
Sedačka č.1	12,15	1,42	11,66
Sedačka č.2	7,69	1,05	13,61
Sedačka č.3	18,32	2,72	14,83
Sedačka č.4	16,57	2,82	17,05
Sedačka č.5	13,34	1,62	12,17
Sedačka č.6	11,19	1,47	13,13
Sedačka č.7	10,32	1,23	11,92
Sedačka č.8	8,85	1,20	13,57
Sedačka č.9	9,64	1,76	18,29

Tab. 2 – 22. Porovnání energetických parametrů



Obr. 2–23. Porovnání statických charakteristik sedačky

Při analýze naměřených charakteristik bylo zjištěno:

1. statické charakteristiky se u jednotlivých sedaček výrazně liší
2. u všech sedaček nejsou znatelné tři charakteristické oblasti
3. maximální zatěžovací síla je v intervalu 500 až 1050 N
4. disipace energie je největší u sedačky č. 4
5. překrytím statických charakteristik sedačky podle metodik M 4.1 a M 4.3 jsou zřejmé dvě oblasti, oblast relaxace a refreše

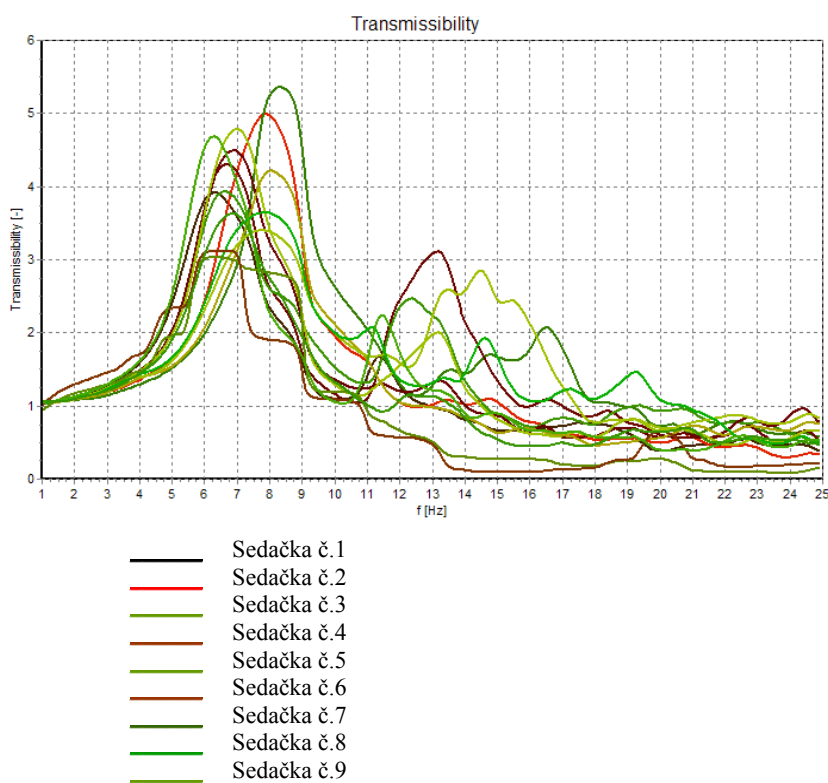
b) Zjišťování přenosových charakteristik sedaček

Pro zkoušení byly vybrány stejné vzorky sériových sedaček evropských automobilových koncernů a zkoušeny byly podle metodiky M5.1 při zátěži tvarovkou T4.1.



Obr. 2–24. Vzorky sériových sedaček evropských automobilových koncernů

Výsledky zkoušek vzorků sériových sedaček jsou na následujícím obr. 2–25.



Obr. 2–25. Přenosové charakteristiky vzorků sériových sedaček

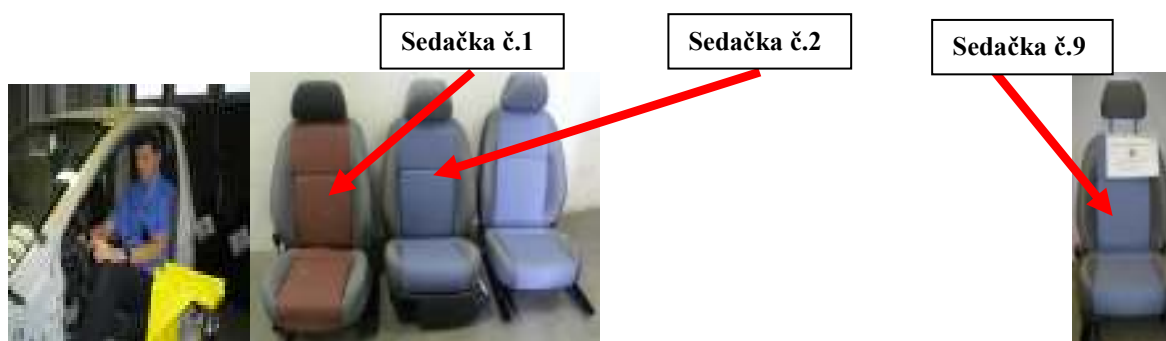
Při analýze naměřených charakteristik bylo zjištěno:

1. interval přenosů se nachází od 3,1 do 5,4 a rezonančních frekvencí od 6,1 do 8,5 Hz
2. u některých vzorků sedaček se vyskytuje i druhá rezonanční frekvence

2.3. Zkoušení celých sedaček s lidskou zátěží

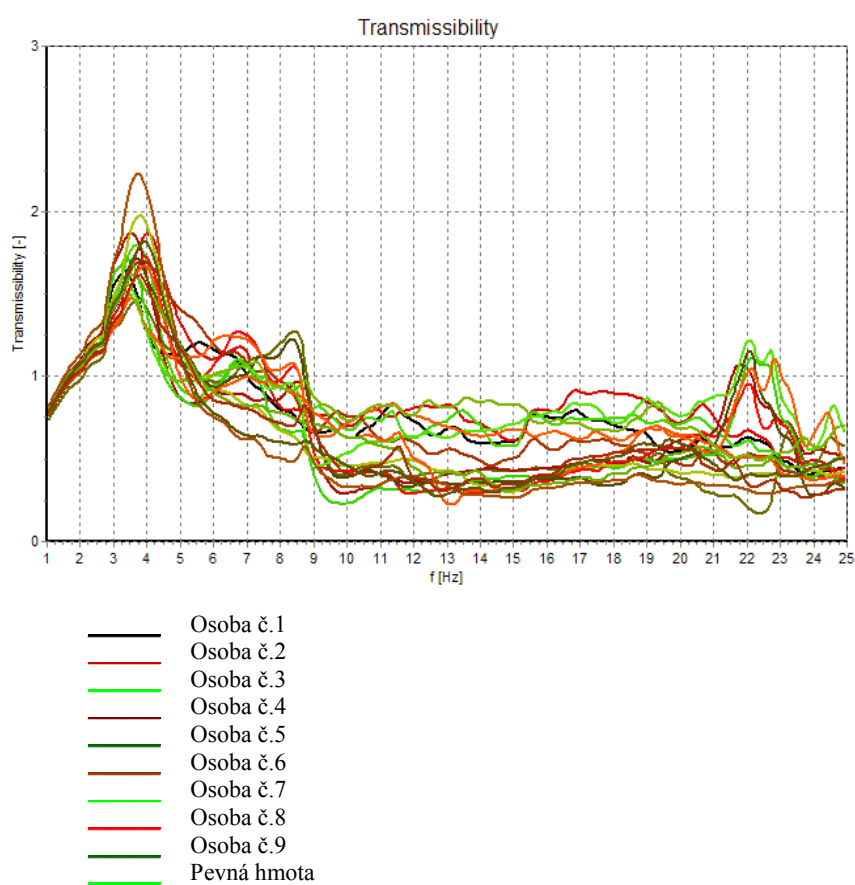
a) Zkoušení dynamických charakteristik celých sedaček

Pro zkoušení byly vybrány stejné vzorky sériových sedaček evropských automobilových koncernů a zkoušeny byly podle metodiky M6.1 s tvarovkou T 7.1 a tvarovkou T 7.2.

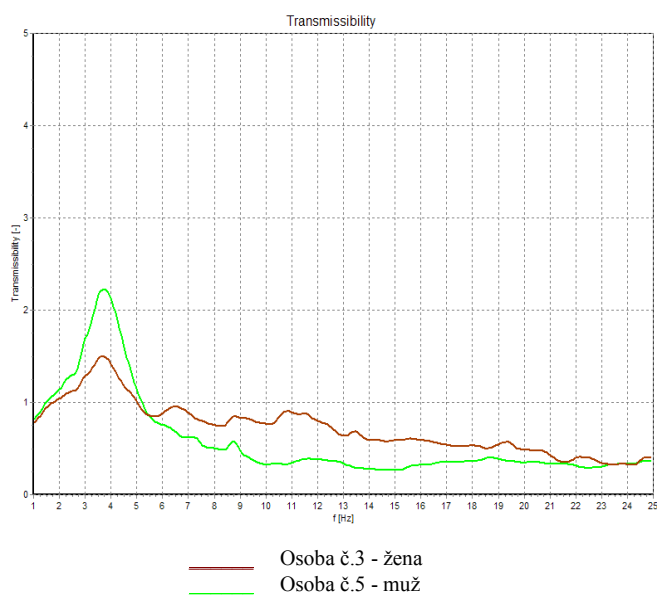


Obr. 2–26. Vzorky sériových sedaček evropských automobilových koncernů

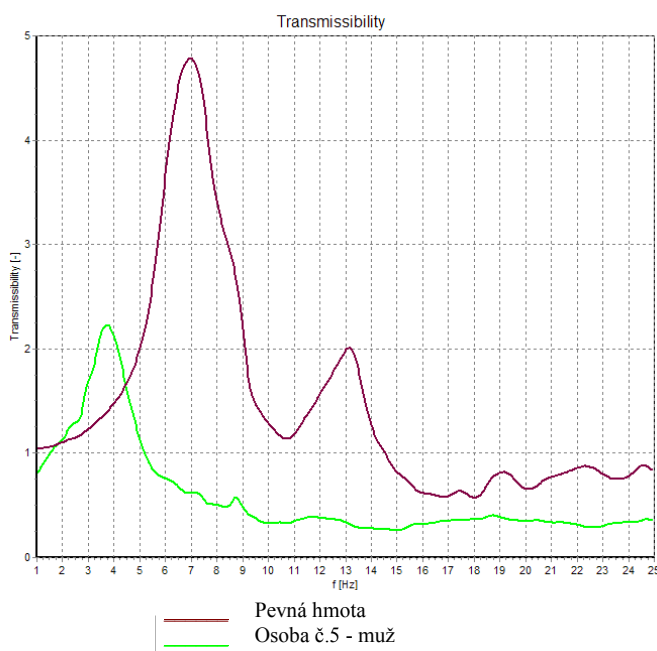
Výsledky zkoušek vzorků sériových sedaček s pevnou a lidskou zátěží jsou na následujícím obr. 2–27.



Obr. 2–27. Výsledky zkoušek vzorků sériových sedaček s lidskou zátěží



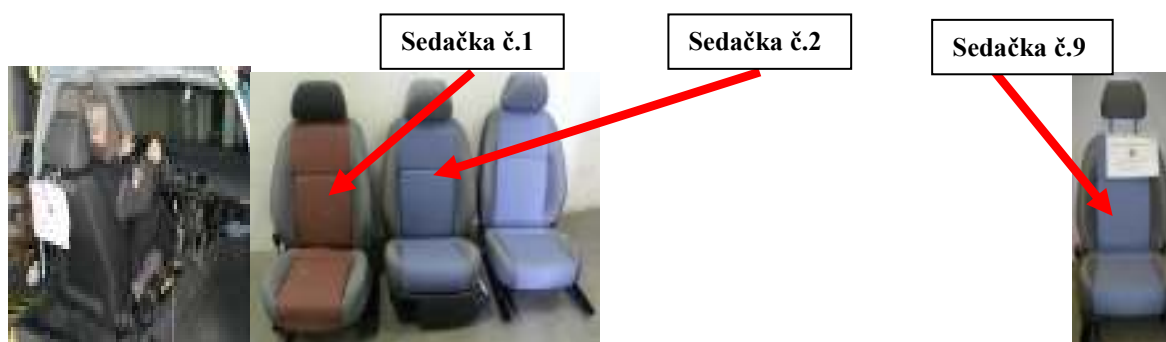
Obr. 2 – 28. Přenosové charakteristiky muže a ženy



Obr. 2 – 29. Přenosové charakteristik muže a pevné zátěže

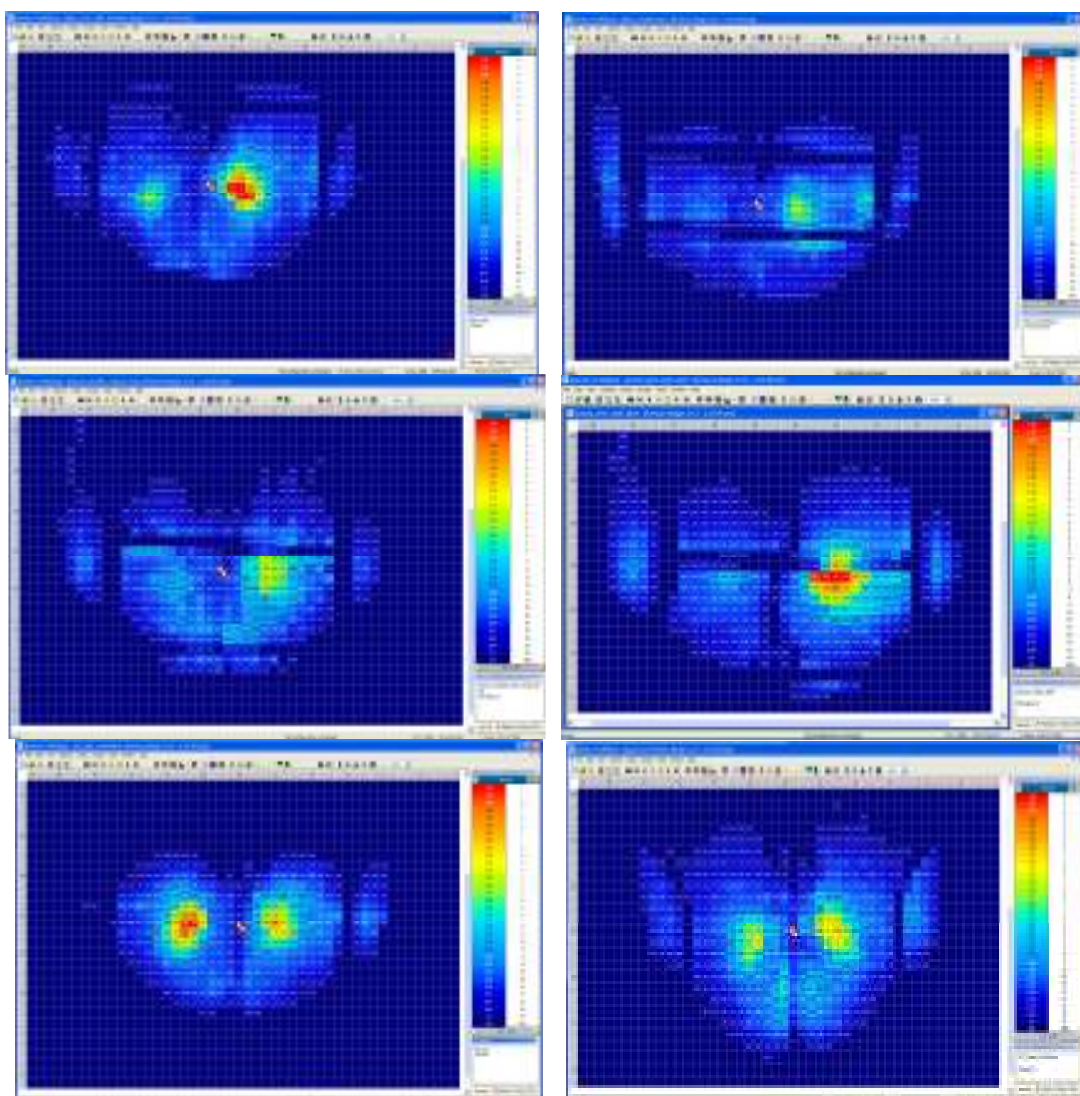
Při analýze naměřených charakteristik bylo zjištěno:

1. interval přenosů se nachází od 1,47 do 2,25 a rezonančních frekvencí od 3,15 do 4,10 Hz,
2. pro stejné zátěže T7.2.2 (žena) a T7.2.5 (muž) je rezonanční frekvence stejná, ale přenosy se výrazně liší,
3. pro zátěže T7.2.5 (muž) a T7.1 je rezonanční frekvence 3,85 Hz a 7,00 Hz a přenosy jsou 2,23 a 4,78.

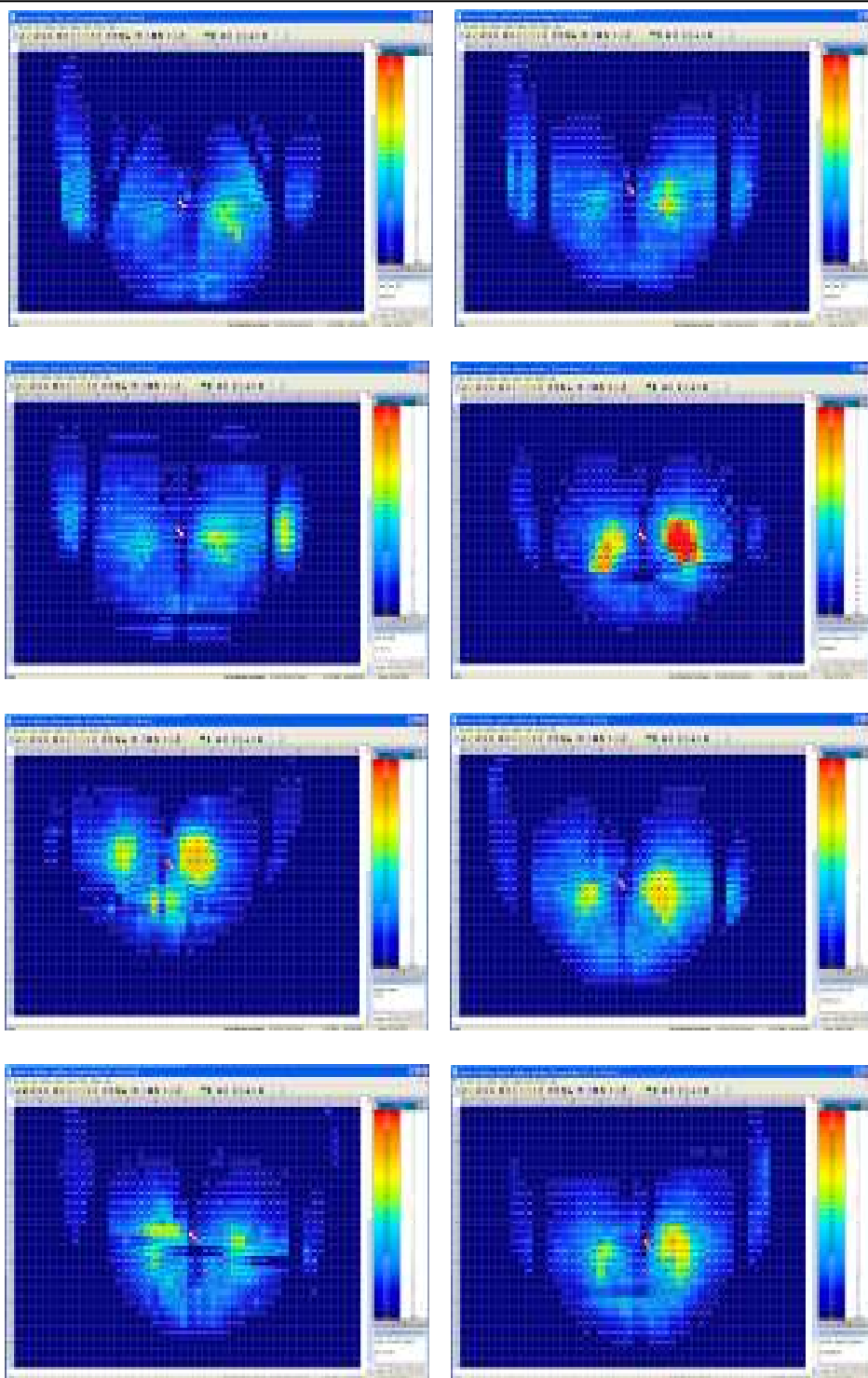
b) Zjišťování tlakových charakteristik v místech dotyku lidské zátěže na sedáku


Obr. 2–30. Vzorky sériových sedaček evropských automobilových koncernů

Výsledky měření vzorků z PU pěň jsou na následujících obr. 2–30 a obr. 2–31.



Obr. 2–31. Tlakové mapy jednotlivých vzorků sériových sedaček



Obr. 2–32. Tlakové mapy jednotlivých vzorků seriových sedaček č.1-7

Při analýze naměřených charakteristik bylo zjištěno:

1. při zatěžování zátěží tvarovkou Z5.1 kontaktní tlaky jsou v intervalu $0,4$ až $2,05 \text{ N/cm}^2$
2. kontaktní plocha je v rozsahu 750 až 950 cm^2 ;
3. nejlepší rozložení kontaktního tlaku bylo na sedačce č. 5
4. jsou výrazné polohy švů na nesprávném místě sedáku, např. na sedačce č. 2

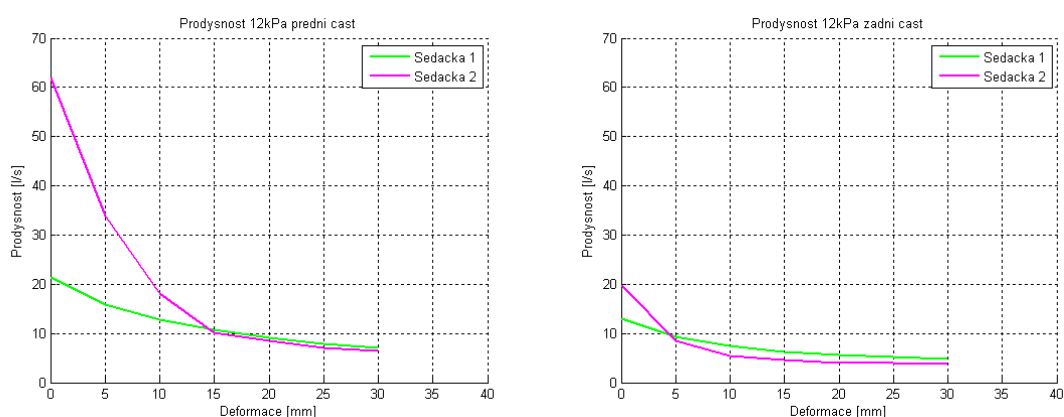
2.4. Zkoušení prodyšnosti sedaček

Zkoušení vybraných vzorků sériových sedaček evropských automobilových koncernů bylo provedeno podle metodiky M8.1 při zatěžování tvarovkou T 5.1.

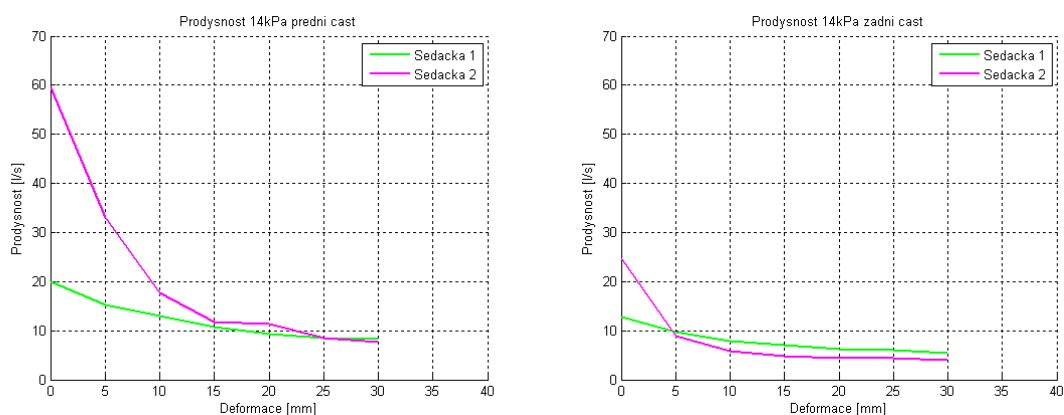


Obr. 2–33. Vzorky sériových sedaček evropských automobilových koncernů

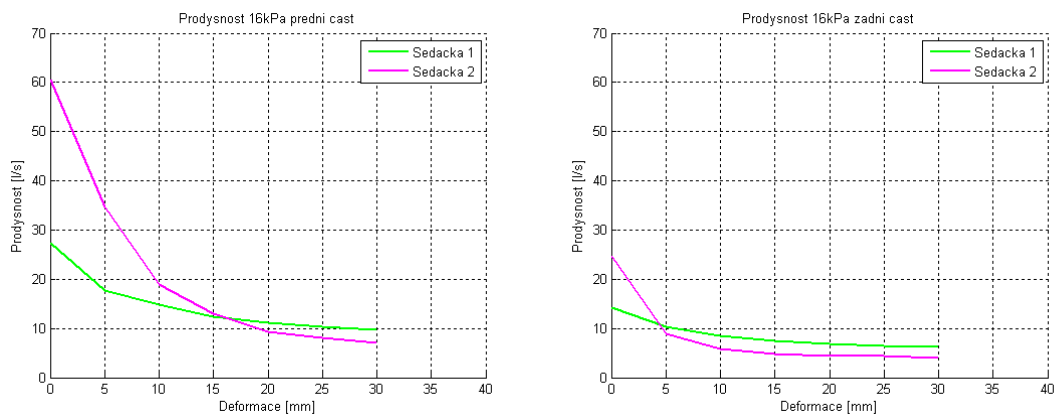
Výsledky zkoušek prodyšnosti vzorků sériových sedaček jsou na následujícím obr. 2–34.



obr. 2–34. Prodyšnost [l/s] v závislosti na deformaci [mm] při tlakovém spádu $\Delta p = 12$ kPa



obr. 2–35. Prodyšnost [l/s] v závislosti na deformaci [mm] při tlakovém spádu $\Delta p = 14$ kPa



obr. 2–36. Prodyšnost [l/s] v závislosti na deformaci [mm] při tlakovém spádu $\Delta p = 16$ kPa

Při analýze naměřených charakteristik bylo zjištěno:

1. interval prodyšnosti je při zatěžování tvarovkou T5.1 od 8 do 60 l/s pro přední část a od 5 do 25 l/s pro zadní část při tlakovém spádu od 12 do 16 kPa;
2. v přední a zadní části se prodyšnost dvojnásobně liší v důsledku tvaru tvarovky T5.1;
3. prodyšnost výrazně klesá s mírou hloubkou vtláčení tvarovky do sedáku;
4. při vtláčení tvarovky do sedáku do hloubky více než 15mm se prodyšnost již výrazně nemění.



2.5. Závěr

V rámci experimentální části práce byla ověřena funkčnost zkušebních zařízení a veškerého příslušenství realizací statických a dynamických zkoušek.

Zkoušeny byly vzorky materiálů použitých při výrobě sedaček, vzorky potahových materiálů, celé výplně sedáků z PU pěn a celé sedačky (s ocelovou konstrukcí rámu).

Byly změřeny charakteristiky:

- 16 vzorků 100x100x50 z PU pěn, každý se třemi typy tvarovky a deseti zátěžemi,
- 4 vzorky 100x100x50 z PU pěn v sériovém a paralelním řazení vzorků a při statickém zatěžování,
- 4 výplně sedáků z PU pěn,
- vzorky potahových materiálů sedaček,
- 9 celých sedaček.

Každá zkouška byla opakována 3x (měřena minimálně na 3 stejných vzorcích). Zakreslené křivky v diagramech odpovídají středním hodnotám normálního rozdělení.

Soubory měřených charakteristik celých sedaček uvedených výše doplňují i subjektivní hodnocení pokusných osob (řidiče, operátora, pasažéra). Postupy při zjišťování subjektivního hodnocení sedaček jsou podrobněji uvedeny v práci [25]. Pro seriózní posouzení vlastností sedaček je nutné brát v úvahu obojí, tj. jak objektivně měřené parametry, tak i subjektivní pocity a hodnocení. Při takovém přístupu je možné vytvořit matici vlastností, kterým jsou přiřazovány různé váhové koeficienty. V konečném vyhodnocení takovéto matice lze získat hodnotu parametru kvality a na základě polohy tohoto parametru na stupnici od 0 do 100% se dá predikovat možné hodnocení sedačky již ve fázi jejího vývoje. Tato matice byla sestavena v rámci jiných vývojových úkolů a není součástí této práce.

Výsledky uvedené v této kapitole byly publikovány v dalším článku v časopise a v příspěvku na konferenci.



3. Inovace automobilové sedačky – teoretická východiska

Celková konstrukce sedaček je ovlivněna potřebnou zástavbovou výškou automobilu, počtem jednotlivých komponent a samozřejmě jejich vlastnostmi. Cílem této kapitoly je určit teoretické předpoklady predikce chování sedačky jako celku, s možností definice vlastností jednotlivých vrstev. S využitím těchto teoretických předpokladů navrhnout koncept inovované sedačky, který bude umožňovat nastavení vlastností podle požadavků (např. výšky sedáku, hmotnosti zátěže, atd.).

3.1. Stanovení pracovní výšky sedáku.

Určení minimální možné výšky sedáku je velice důležité pro konstruktéry automobilových sedaček, zejména pro návrh výplní, které jsou uloženy do rámu sedačky. Protože tyto výplně jsou tvořeny převážně z PU pěny, bude tato výška omezovat minimální potřebnou pracovní tloušťkou pěny.

3.1.1. Požadavky na vlastnosti sedáku

Sedačka musí splňovat komfortní vlastnosti při jakémkoliv provozu automobilu, jak při stání (např. semafor), pomalé jízdě (městský provoz) tak i při rychlé jízdě (jízdá po dálnici). V závislosti na typu provozu automobilu jsou kladeny na vlastnosti sedačky různé požadavky. V každém případě sedačka musí splňovat vysoké požadavky biomechanického komfortu, (jak statického, tak dynamického) a také klimatického a anatomického. Sedící poloha je pro lidský organismus jedna z nejhorších poloh.

a) Statické požadavky

Při stání nebo stojícím vozidle musí sedačka příjemně obklopit sedícího člověka. Nikde by ho neměla tlačit a omezovat v obsluze a ovládání automobilu. Pro objektivní posouzení vlastností sedačky při stání vozidla byl zaveden SAG faktor, který je definován poměrem zatěžujících sil při deformaci (stlačení) 25% a 65 % celkové výšky sedáku [39], (obr.3–1),

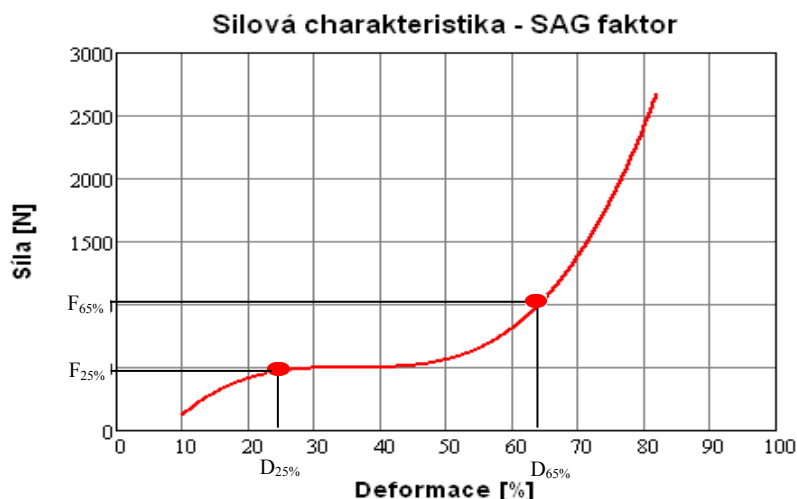
$$SAG = F_{65\%} / F_{25\%} \quad (3.1)$$

Optimální hodnota SAG faktoru je v intervalu $2 \div 4$. [39]

[17] Fliegel, V. - Martonka, R.: Automobile seats - simulation characteristics seats.

[39] ČSN EN ISO 2439: Měkké lehčené polymerní materiály – Stanovení tvrdosti vtlačováním

[40] ČSN EN ISO 13490: Vibrace – Manipulační vozíky – Laboratorní hodnocení a specifikace vibrací na sedadle obsluhy

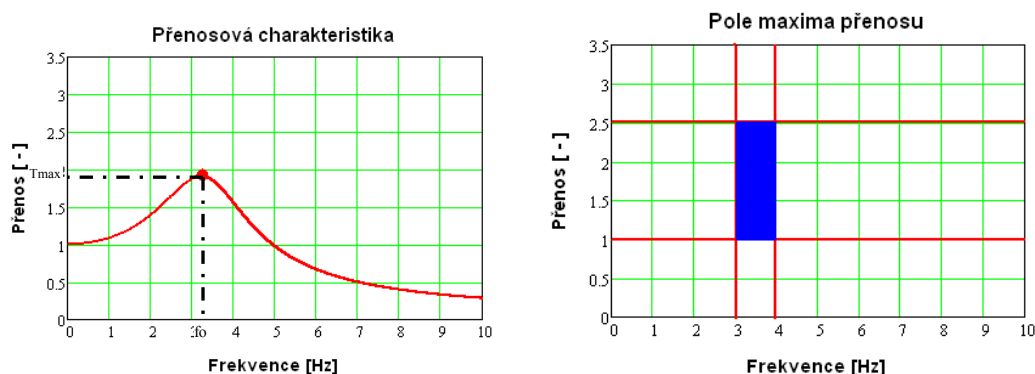


Obr. 3–1. Silová charakteristika sedáku - SAG faktor

b) Dynamické požadavky

Při jízdě působí na sedícího v automobilu člověka mechanické vibrace, které vznikají v souvislosti s provozem automobilu. Vibrace jsou charakterizovány fyzikálními parametry: frekvencí f a amplitudou A kmitů. Čím jsou tyto vibrace intenzivnější, tím více člověka zatěžují. Následkem je únava a nesoustředěnost člověka na obsluhu a samotnou jízdu, poškození zdraví atd.

Člověk je k určitým frekvencím mechanických vibrací více či méně citlivý/necitlivý. Existuje frekvence, na kterou je člověk zvyklý a působí mu minimální mechanické namáhání. Tato frekvence se nazývá *kroková frekvence*. Pro každého člověka je tato frekvence jiná, ale obvykle se pohybuje v rozmezí $3 \div 4$ Hz. Mimo tuto oblast by mechanické vibrace měly být co nejmenší, utlumeny sedačkou a na člověka působit co nejméně. Míru schopnosti izolovat vibrace o určité výchylce a frekvenci popisuje tzv. *přenosová funkce* (3.3) obr. 3–2. Tato funkce popisuje závislost přenosu vibrací z automobilu do člověka T na frekvenci vibrací f . Frekvence f_0 je frekvence, při které je hodnota přenosu největší, nazývá se *vlastní (rezonanční) frekvencí dynamické soustavy* – automobil, sedačka, člověk. Maximální hodnota přenosové funkce T_{\max} by pro člověka neměla přesáhnout hodnotu 2,5 [40] a měla by se nacházet v intervalu $3 \div 4$ Hz obr. 3–2.



Obr. 3–2. Přenosová funkce



Průběh a hodnoty přenosové funkce (obr.3–2) jsou závislé na vlastnostech dynamické soustavy, tj. mechanických vlastnostech materiálu, konstrukci sedačky, na hmotnosti lidské zátěže M (kg). Mechanické vlastnosti pružného materiálu jsou charakterizovány tuhostí K (N/m) a tlumením B (N.s/m). Matematicky jsou tyto veličiny definovány následovně:

- tuhost K se vypočítá úpravou rovnice pro rezonanční frekvenci

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}}, \quad (3.1)$$

$$K = (2 \cdot \pi \cdot f_o)^2 \cdot M \quad (3.2)$$

- tlumení B úpravou rovnice přenosu

$$T = \sqrt{\frac{K^2 + \omega^2 B^2}{(K - \omega^2 M)^2 + \omega^2 B^2}} \quad (3.3)$$

Po úpravě

$$B = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{T^2 \cdot (K - \omega^2 M)^2 - K^2}{(1 - T^2)}}, \quad (3.4)$$

$$\text{kde } \omega = 2 \cdot \pi \cdot f_o. \quad (3.5)$$

V konkrétní případě volíme střední hodnotu frekvence z doporučeného intervalu $f_o = 3,5$ Hz. Při požadované změně parametrů tuhosti K a tlumení B sedačky v závislosti na hmotnosti zátěže M dostaneme požadovanou přenosovou funkci (obr.3–2). Sedák s takto definovanými parametry má požadované vlastnosti.

3.1.2. Stanovení vibroisolačních parametrů sedáku

a) Stanovení tuhosti K :

Z rovnice tuhosti (3.2) je patrné, že je-li $f_o = \text{konst.}$, pak je tato závislost tuhosti K přímo úměrná zatěžující hmotnosti M . Pro pružné materiály s nelineární charakteristikou je tuhost definovaná jako závislost mezi změnou zatěžující síly dF a odpovídající změnou deformace dx . Pro vztah mezi zatěžující silou F a hmotností zátěže M platí:

$$F = M \cdot g \quad (3.6)$$

Tuhost K je určena rovnicí:

$$K(x) = \frac{dF}{dx}, \quad (3.7)$$



Integrací rovnice (3.8) určíme zatěžující sílu

$$F = \int K(x)dx \quad (3.8)$$

Jelikož tuhost s narůstající zatěžující silou roste (3.6), je silová charakteristika (pro určení SAG faktoru) rostoucí. Pro jednotlivé velikosti zatěžující síly je z předchozích vzorců známa hodnota tuhosti, která je dána velikostí směrnice tečny v daných hodnotách zatěžující síly. Z této úvahy je zřejmá nejenom přímá úměra mezi zatěžující silou a tuhostí, ale tím i mezi tuhostí a deformací sedáku.

Matematický popis je dán rovnicí

$$K = a_1 \cdot x + a_0 \quad (3.9)$$

Po dosazení rovnice (3.10) do rovnice (3.9) platí

$$F = \int K(x)dx = \int (a_1 \cdot x + a_0)dx \quad (3.10)$$

a po integraci

$$F = a_1 \cdot \frac{x^2}{2} + a_0 \cdot x + F_0, \quad (3.11)$$

$$F_0 = F - a_1 \cdot \frac{x^2}{2} - a_0 \cdot x, \quad (3.12)$$

kde konstanty a_1 , a_0 , F_0 , x_{\max} jsou určeny z okrajových podmínek:

$$K_{\min} = a_1 \cdot x_{\min} + a_0, \quad (3.13)$$

$$K_{\max} = a_1 \cdot x_{\max} + a_0, \quad (3.14)$$

$$F_{\min} = a_1 \cdot \frac{x_{\min}^2}{2} + a_0 \cdot x_{\min} + F_0, \quad (3.15)$$

$$F_{\max} = a_1 \cdot \frac{x_{\max}^2}{2} + a_0 \cdot x_{\max} + F_0, \quad (3.16)$$

$$a_0 = K_{\min} - a_1 \cdot x_{\min}, \quad (3.17)$$

$$K_{\max} = a_1 \cdot x_{\max} + K_{\min} - a_1 \cdot x_{\min}, \quad (3.18)$$

$$a_1 = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (3.19)$$



$$F_{\min} = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot \frac{x_{\min}^2}{2} + \left(K_{\min} - \frac{K_{\max} - K_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot x_{\min} \right) \cdot x_{\min} + F_0, \quad (3.20)$$

$$F_0 = F_{\min} - \frac{K_{\max} - K_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot \frac{x_{\min}^2}{2} - \left(K_{\min} - \frac{K_{\max} - K_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot x_{\min} \right) \cdot x_{\min}, \quad (3.21)$$

$$F_{\max} = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot \frac{x_{\max}^2}{2} + \left(K_{\min} - \frac{K_{\max} - K_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot x_{\min} \right) \cdot x_{\max} + F_0, \quad (3.22)$$

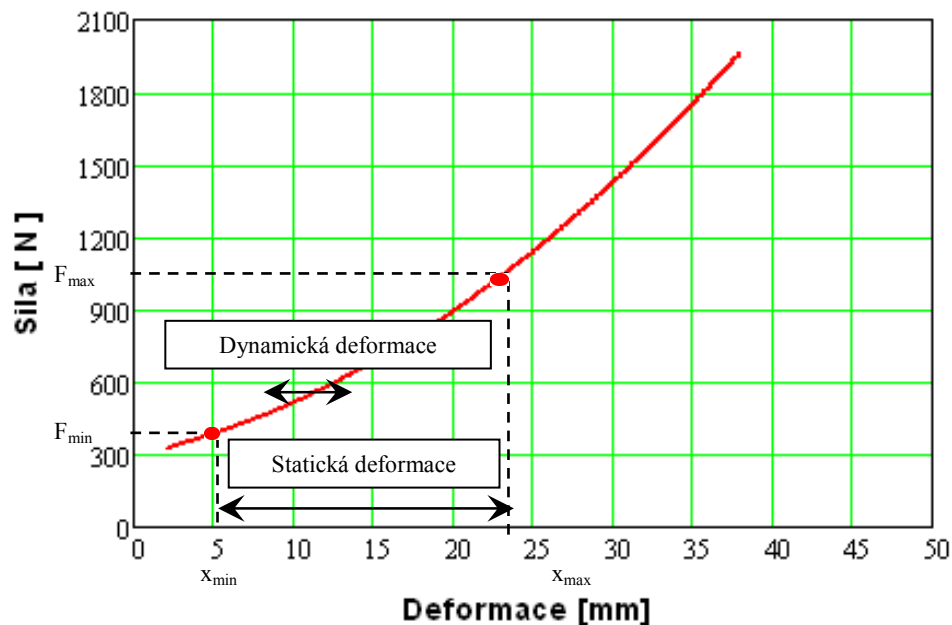
$$F_{\max} = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot \frac{x_{\max}^2}{2} + \left(K_{\min} - \frac{K_{\max} - K_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot x_{\min} \right) \cdot x_{\max} +$$

$$+ F_{\min} - \frac{K_{\max} - K_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot \frac{x_{\min}^2}{2} - \left(K_{\min} - \frac{K_{\max} - K_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot x_{\min} \right) \cdot x_{\min}, \quad (3.23)$$

$$F_{\max} - F_{\min} = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{2 \cdot (x_{\max} - x_{\min})} \cdot (x_{\max}^2 - x_{\min}^2) + \left(K_{\min} - \frac{K_{\max} - K_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot x_{\min} \right) \cdot (x_{\max} - x_{\min}), \quad (3.24)$$

$$F_{\max} - F_{\min} = \left(\frac{K_{\max} - K_{\min}}{2} + K_{\min} \right) \cdot x_{\max} - \frac{K_{\max} + K_{\min}}{2} \cdot x_{\min}, \quad (3.25)$$

$$x_{\max} = \frac{2 \cdot (F_{\max} - F_{\min})}{K_{\max} + K_{\min}} + x_{\min}, \quad (3.26)$$



Obr. 3–3. Silová charakteristika



Při řešení se získá velikost intervalu statické deformace sedáku $\Delta x = x_{\max} - x_{\min}$ (obr.3-3). K tomuto intervalu je nutné přičíst interval dynamické deformace, která vznikne působením mechanických vibrací.

Celkovou výšku sedáku volíme $h = 50\text{mm}$. Hmotnost dospělého člověka se pohybuje v rozmezí 50 až 125 kg. Z měření bylo určeno, že sedící člověk zatěžuje sedačku 80 % své hmotnosti. Pak je sedačka zatěžována hmotností $M = 40\div 100\text{kg}$. Při stanovené vlastní (rezonanční) frekvenci $f_0 = 3,5\text{ Hz}$ a při změně hmotností v tomto intervalu vychází požadovaná tuhost K ze vzorce (3.6) v rozmezí $19\,344 \div 48\,361\text{ N/m}$ (tab.3-4).

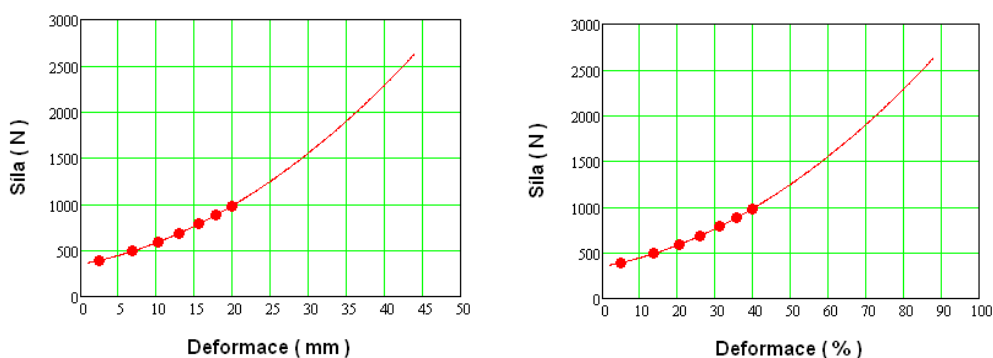
$M\text{ (kg)}$	40	50	60	70	80	90	100
$F\text{ (N)}$	392	491	589	687	785	883	981
$K\text{ (N/m)}$	19344	24181	29017	33853	38689	43525	48361

Tab.3– 4. Vypočtená tuhost

Z hodnot definované tuhosti a zvolené počáteční deformaci sedáku $x_{\min} = 2,5\text{mm}$ (minimální zvolená dynamická deformace) a vypočítané $x_{\max} = 19,57\text{ mm}$ určíme hodnoty statické deformace pro jednotlivé hmotnosti (tab. 3-5) a tím i jedinečnou silovou charakteristiku (obr. 3-6) .

$M\text{ (kg)}$	40	50	60	70	80	90	100
$F\text{ (N)}$	392	491	589	687	785	883	981
$x\text{ (mm)}$	2.5	6.61	9.86	12.66	15.15	17.43	19.57
$x\text{ (%)}$	5	13.22	19.72	25.32	30.3	34.86	39.14

Tab.3-5. Statické deformace



Obr. 3-6. Silová charakteristika sedáku

Pro kontrolu SAG faktoru převedeme tuto jedinečnou silovou charakteristiku na závislost zatěžující síla (N) v závislosti na deformaci (%), při zvolené výšce sedáku $h = 50\text{ mm}$ (obr. 3-6). Pak

$$\text{SAG} = F_{65\%} / F_{25\%} = 1724 / 669 = 2,58$$

Stanovení tlumení B :

Hodnota tlumení B je odvozena od velikosti maximální – kritické hodnoty tlumení – B_{krit} , jako procentuální část kritického tlumení definovaná proměnnou ξ , která se nazývá poměrný útlum. Matematický popis je dán rovnicí:

$$B = \xi \cdot B_{\text{krit}} \quad (3.27)$$

Hodnota B_{krit} je velikost tlumení, při kterém již dynamický systém nekmitá a je zcela utlumen. Maximální, kritické tlumení je závislé na velikosti zatěžující hmotnosti a tuhosti. Kritické tlumení je dáno rovnicí:

$$B_{\text{krit}} = 2 \cdot \sqrt{K \cdot M} \quad (3.28)$$

Po úpravě rovnic (3.28) a (3.29) získáme:

$$B = 2 \cdot \xi \cdot \sqrt{K \cdot M} \quad (3.29)$$

Po dosazení závislosti tuhosti do vzorce pro tlumení dostáváme rovnici tlumení:

$$B = 2 \cdot \xi \cdot \sqrt{(2 \cdot \pi \cdot f_0)^2 \cdot M^2} \quad (3.30)$$

$$B = 4 \cdot \xi \cdot \pi \cdot f_0 \cdot M \quad (3.31)$$

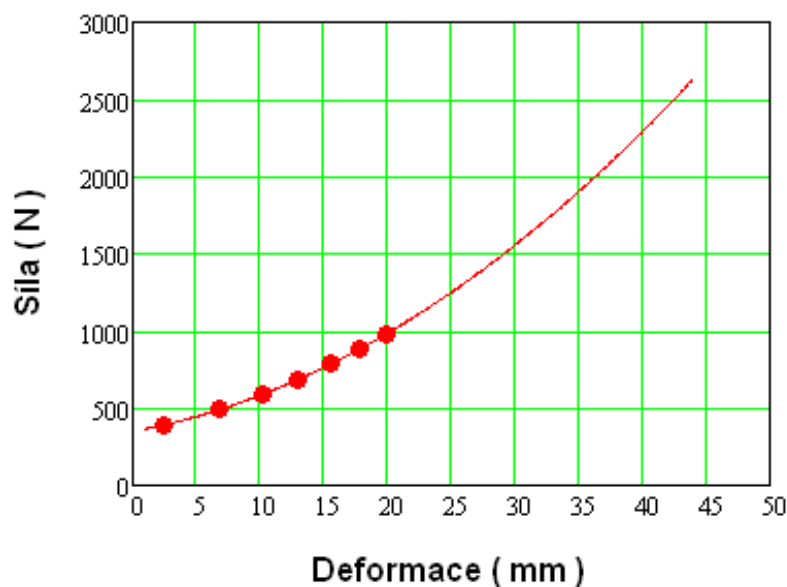
Z funkce ideální tuhosti je patrné, že tato funkce při zvolené f_0 je závislá na poměrném útlumu a velikosti zatěžující hmotnosti. Obvykle se v podobných dynamických systémech hodnota poměrného útlumu s měnící hmotností zátěže nemění a pohybuje se v rozmezí 1% – 60%. Při předpokladu, že i zde se poměrný útlum nemění, je závislost lineární a tlumení je přímo úměrné zatěžující hmotnosti. Pro zvolenou vlastní rezonanční frekvenci $f_0 = 3.5$ Hz a poměrný útlum $\xi = 30\%$ a při změně hmotnosti ve zvoleném intervalu vychází požadované tlumení B ze vzorce (3.31) v rozmezí $528 \div 1319$ N.s/m (tab.3–7.).

M (kg)	40	50	60	70	80	90	100
F (N)	392	491	589	687	785	883	981
B (N.s/m)	528	660	792	924	1056	1188	1319

Tab.3–7. Vypočtené tlumení

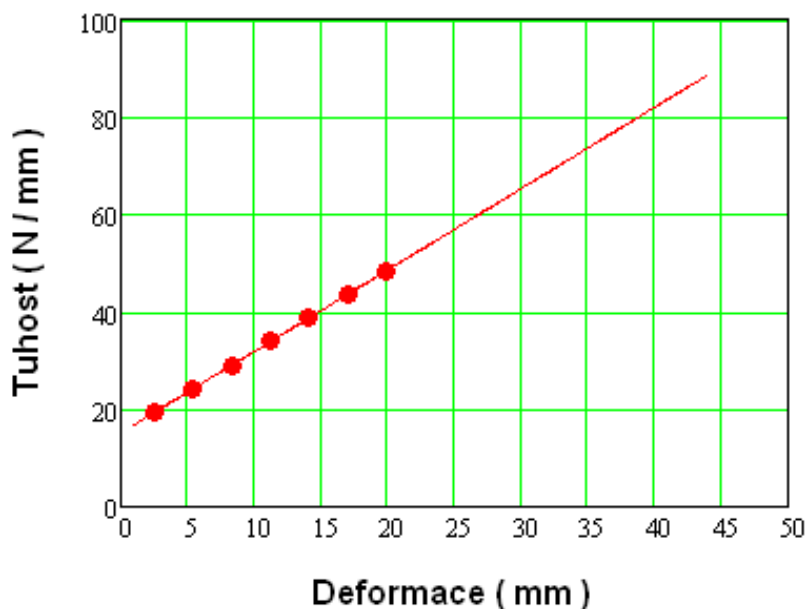
3.2. Dělení pracovní výšky sedáku.

U každého staticky namáhaného sedáku je možné stanovit závislost zatěžující síly na deformaci pružného materiálu. Tato závislost se nazývá statická charakteristika výplňového materiálu sedáku (obr.3–1, obr. 3–8).



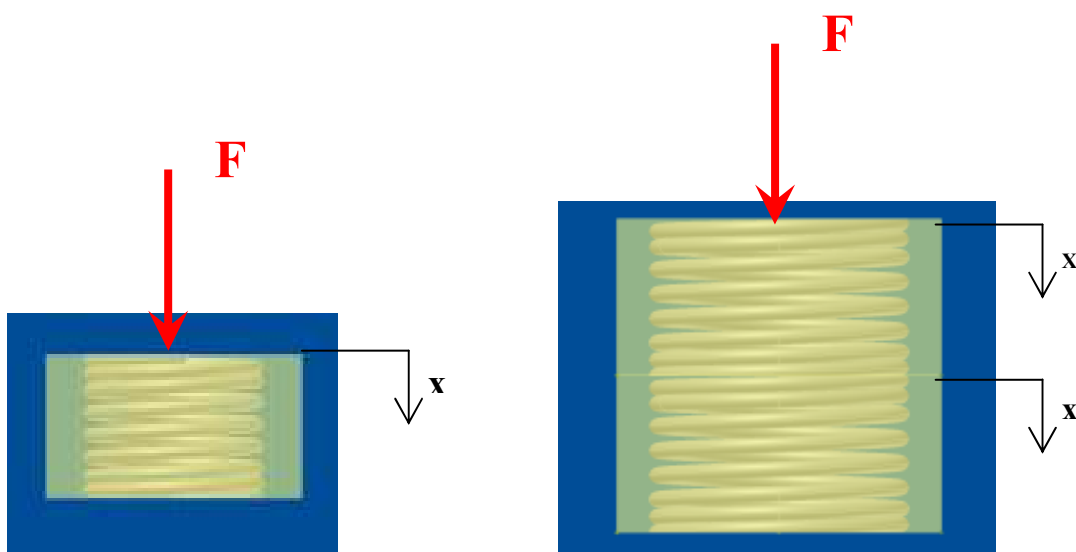
Obr. 3–8. Statická charakteristika výplňového materiálu sedáku

Z této statické charakteristiky je možné matematicky získat průběh tuhosti K v závislosti na deformaci pružného materiálu (obr. 3–9).



Obr. 3–9. Tuhostní charakteristika výplňového materiálu sedáku

Při vrstvení sedáku (pružného materiálu) dochází při zatěžování stejnou silou k sčítání deformací jednotlivých vrstev. Tento efekt je zobrazen na následujícím (obr. 3–10), na kterém jsou jednotlivé vrstvy vyznačeny jako vinuté tlačné pružiny.



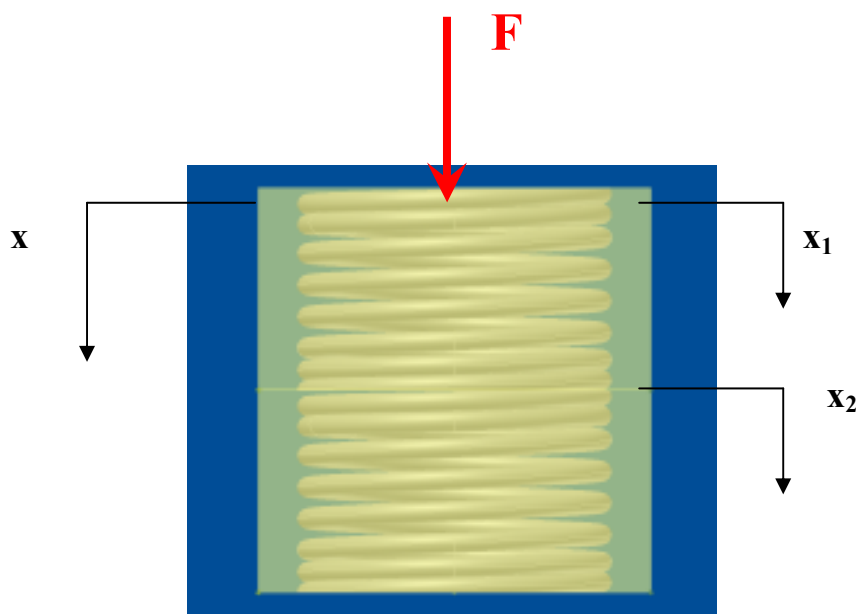
Obr. 3–10. Skládání vrstev stejné tloušťky a stejného materiálu

Celková deformace vrstveného materiálu je popsána rovnicí:

$$\Sigma x_n = n \cdot x , \quad (3.32)$$

kde n je počet vrstev daného materiálu

Toto platí i při vrstvení materiálů s různou výškou a rozdílnými vlastnostmi obr.3–11.



Obr. 3–11. Skládání vrstev různé tloušťky a různého materiálu



Celková deformace u vrstveného materiálu z různých vrstev je dána rovnicí:

$$\Sigma x_n = x_1 + x_2 + \dots + x_i + \dots + x_n, \quad (3.33)$$

kde x_i je deformace i -té vrstvy.

Pro pružné materiály s lineární statickou charakteristikou platí vztah mezi zatěžující silou a deformací:

$$dF = K \cdot dx, \quad (3.34)$$

Po zavedení tohoto vztahu do rovnice celkové deformace vrstveného materiálu získáme vztah mezi tuhostními parametry jednotlivých vrstev - K_i a tuhostním parametrem celé složené vrstvy - K :

$$\frac{F}{K_c} = \frac{F}{K_1} + \frac{F}{K_2} + \dots + \frac{F}{K_i}, \quad (3.35)$$

Protože je zatěžující síla ve všech vrstvách stejná a nenulová, můžeme celou rovnici touto silou vydělit.

Tím získáváme vztah mezi jednotlivými tuhostními parametry nezávislé na zatěžující síle.

$$\frac{1}{K_c} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \dots + \frac{1}{K_i}, \quad (3.36)$$

Tuto rovnici můžeme zobecnit zavedením obecně proměnnými tuhostními parametry na deformaci x_i na tvar:

$$\frac{1}{K_c(x)} = \frac{1}{K_1(x_1)} + \frac{1}{K_2(x_2)} + \dots + \frac{1}{K_i(x_i)}, \quad (3.37)$$

Pro případ dvou vrstev se rovnice pro celkovou deformaci a celkovou tuhost změni na:

$$x = x_1 + x_2, \quad (3.38)$$

$$\frac{1}{K_c(x)} = \frac{1}{K_1(x_1)} + \frac{1}{K_2(x_2)}, \quad K_c(x) = \frac{K_1(x_1) \cdot K_2(x_2)}{K_1(x_1) + K_2(x_2)}, \quad (3.39)$$

Při znalosti reálných vlastností jedné z vrstev a požadovaných celkových vlastností je možné jednoduchou matematickou úpravou získat vlastnosti druhé vrstvy podle následující rovnice:

$$K_2(x_2) = \frac{K_c(x) \cdot K_1(x_1)}{K_1(x_1) - K_c(x)}, \quad (3.40)$$



Po integraci dostáváme silovou charakteristiku druhé vrstvy:

$$F_1 = \int K_1(x_1)dx_1, \quad F_2 = \int K_2(x_2)dx_2, \quad (3.41)$$

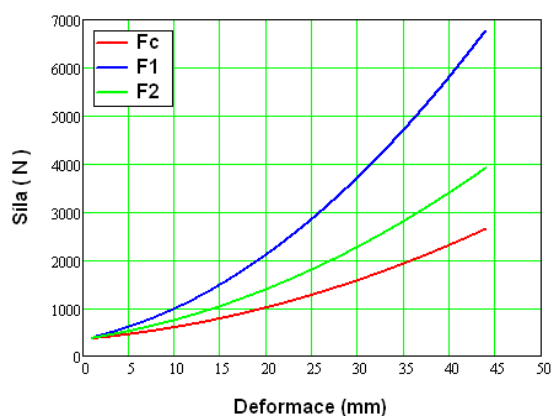
Kde F_0 je síla v předpětí ($x_2 = 0$ mm).

$$F_c(x) = \frac{K_1(x_1) \cdot K_2(x_2)}{K_1(x_1) + K_2(x_2)} \cdot x, \quad (3.42)$$

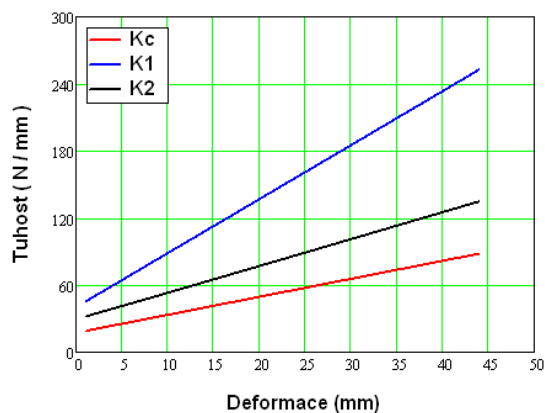
Vzájemné relace zatěžující síly a deformace jednotlivých vrstev jsou zobrazeny na obr. 3–13. Vzájemné relace tuhostí a deformace jednotlivých vrstev jsou zobrazeny na obr.3–14.

M (kg)	40	50	60	70	80	90	100
F (N)	392	491	589	687	785	883	981
K (N/m)	19344	24181	29017	33853	38689	43525	48361
B (N.s/m)	528	660	792	924	1056	1188	1319

Tab.3–12. Hodnoty tuhosti a tlumení v závislosti na hmotnosti



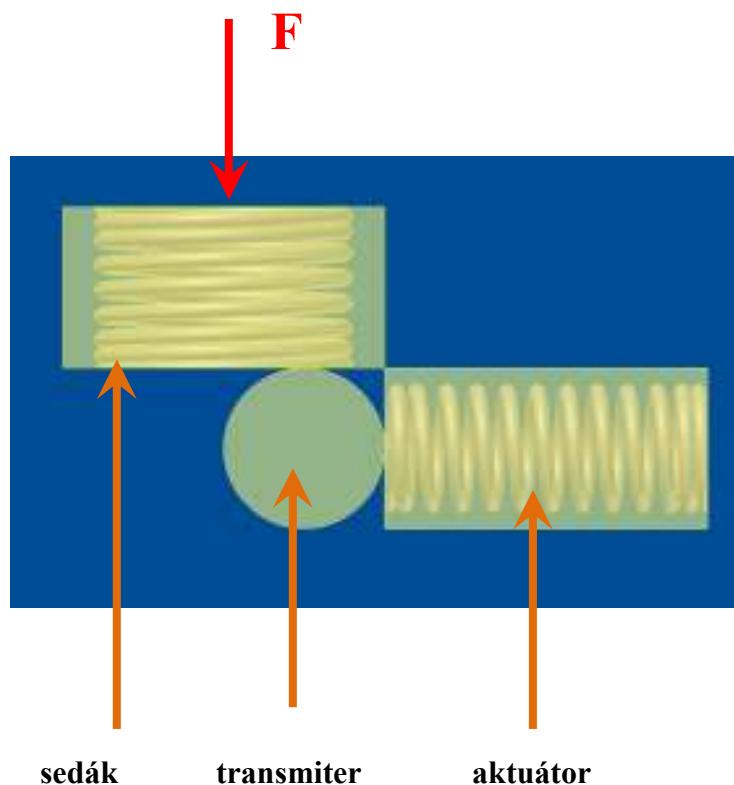
Obr.3–13. Silové charakteristiky jednotlivých vrstev



Obr. 3–14. Tuhostní charakteristiky jednotlivých vrstev

3.3. Praktické využití

Z výše uvedeno je zřejmá, možnost složit automobilový sedák z více vrstev (obvykle čtyři - potah, komfortní vrstva, pružná pěnová poduška (nejčastěji), plechová vana, vše je umístěno na rámu). Při znalosti vlastností jednotlivých vrstev můžeme určit vlastnosti celku. Nebo známe-li požadované vlastnosti celku a jedné/dvou vrstev můžeme určit požadované vlastnosti další vrstvy. Můžeme zvolit materiál, ze kterého je vyroben sedák, např. potah-tkanina, poduška-PU pěna, plechová vana je často vyrobena jako výlisek (tuhý) přivařený k rámu sedačky. Uvolněním plechové vany získáme možnost další pružné vrstvy, která v interakci např. s pěnovou poduškou ovlivní sedačku jako celek. Pěnová poduška se v tomto případě chová jako primární viskoelastická vrstva a plechová vana jako druhá viskoelastická vrstva. Jestliže plechovou vanu následně nahradíme regulovatelným viskoelastickým členem (aktuátorem) můžeme dosáhnout regulace sedačky, např. v závislosti na hmotnosti zátěže. Použijeme-li převodník (transmíter) může být aktuátor umístěn přímo v sedáku, nebo také v opěráku. Hlavní výhodou tohoto řešení je, že nemá prakticky žádný vliv na zástavbovou výšku sedačky (hlavní požadavek konstrukce). Schéma inovované konstrukce automobilové sedačky může vypadat následovně (obr.3 – 14).



Obr. 3 –14. Koncepce inovované sedačky



3.4. Závěr

V této kapitole jsou rozpracovány teoretické požadavky pro vícevrstvé sedačky.

Byly stanoveny:

- vibroizolační parametry (tuhost K , tlumení B) sedáku.
- pracovní výška výplně sedačky.
- okrajové podmínky celková výška sedáku $h=50$ mm, zatěžovací hmotnosti $M = 40-100$ kg, vlastní frekvence $f_0 = 3,5$ Hz, počáteční deformace $x_{\min} = 2.5$ mm.

Z okrajových podmínek byla vypočítána silová charakteristika výplně z teoretického materiálu a popsány vibroizolační vlastnosti vícevrstvého sedáku. Vlastní řešení bylo provedeno pro případ dvou vrstev.

Na tomto teoretickém základě je možné predikovat požadované vlastnosti jednotlivých vrstev nebo celku.

Při znalosti reálných vlastností jedné z vrstev a požadovaných celkových vlastností je možné jednoduchou matematickou úpravou získat vlastnosti druhé vrstvy.

Toho je možné prakticky využít. Do stávající konstrukce sedačky je možné umístit sekundární viskoelastickou vrstvu (aktuátor) a převodník (transmitter). Regulací aktuátoru je možné měnit vlastnosti sedačky jako celku, např. v závislosti na zatěžovací hmotnosti.

Výsledky uvedené v této kapitole byly publikovány v dalším 1 článku v časopise a na konferenci a byly zaregistrovány 2 užité vzory.

4. Inovace automobilové sedačky – konstrukce prototypu, zkoušky

Ve srovnání s ostatními sedačkami má sedačka č. 4 odlišnou konstrukci rámu, vhodnou pro inovační řešení. Na obr. 4–1 je sedačka č. 4 zobrazena ve výchozím stavu. Pro inovační řešení byl převzat původní rám obr. 4–2 a na něm byly provedeny všechny úpravy. V první etapě bylo rozhodnuto inovovat sedák, obr. 4–4. U všech výrobců automobilů je v současnosti výrazný trend snižování karoserie (nižší odpor vzduchu, tudíž nižší spotřeba) a s tím je spojené i snížení výšky v interiéru. Při zachování standardní výšky řidiče (pasažéra) musí být bezpodmínečně snížena poloha H-bodu. Toho lze dosáhnout snížením výšky sedadlové výplně. Při snížené výšce sedadlové výplně však se výrazně zhorší její vlastnosti (např. pružnost, vibroisolace, rozložení kontaktních tlaků ap.). Vzniká požadavek eliminovat toto zhoršení původních vlastností. Pro realizaci inovačního řešení bylo rozhodnuto snížit původní výplň obr. 4–22 a inovovat sedačku, tak aby bylo navraceny její původní přenosové vlastnosti. Demontáž sedačky je vyobrazena na obr. 4–3. Bylo vypracováno několik variant konstrukčních řešení, z nichž optimalizací konstrukčních variant na virtuálních modelech, obr. 4–5, bylo vybráno dále popsané konstrukční provedení.

Optimalizace konstrukčních variant byla provedena na virtuálních modelech, obr. 4–5. Byla vybrána realizační varianta. Vzhledem k rozsahu práce je uvedena pouze tato, obr. 4–20. Na této variantě byla ověřena celková koncepce inovace před vlastní realizací. Některá z těchto zařízení jsou chráněna autorskými právy.



Obr. 4–1. Sedačka č. 4 – výchozí typ sedačky

[35] Fliegel V., Martonka R. Sedačka, zejména automobilová sedačka [užitný vzor]. 2008-19999, TU v Liberci, Liberec. č.zápisu 18730
[36] Fliegel V., Martonka R. Sedačka, zejména automobilová sedačka [užitný vzor]. 2009-20804, TU v Liberci, Liberec. č.zápisu 19429



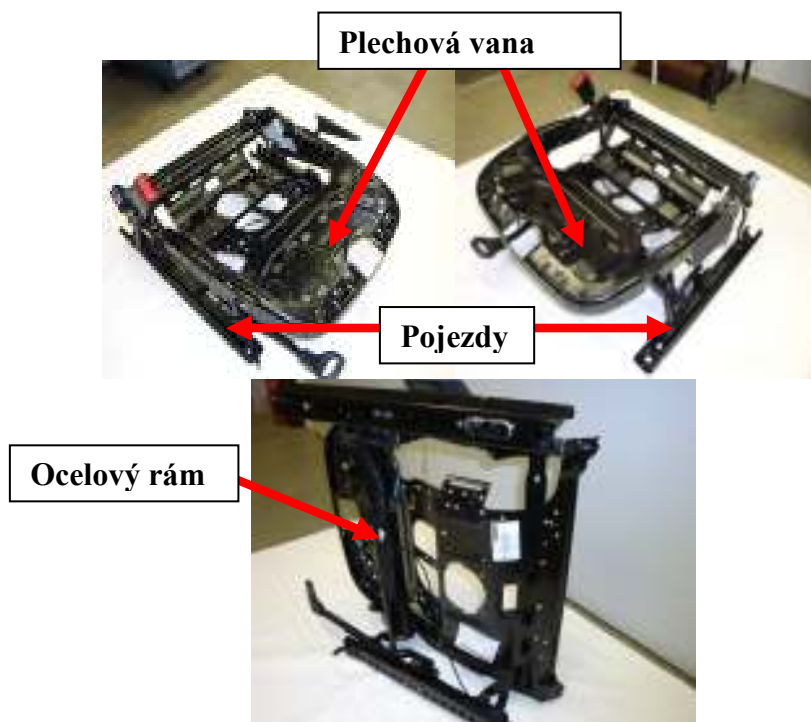
Obr. 4–2. Výchozí rám sedačky



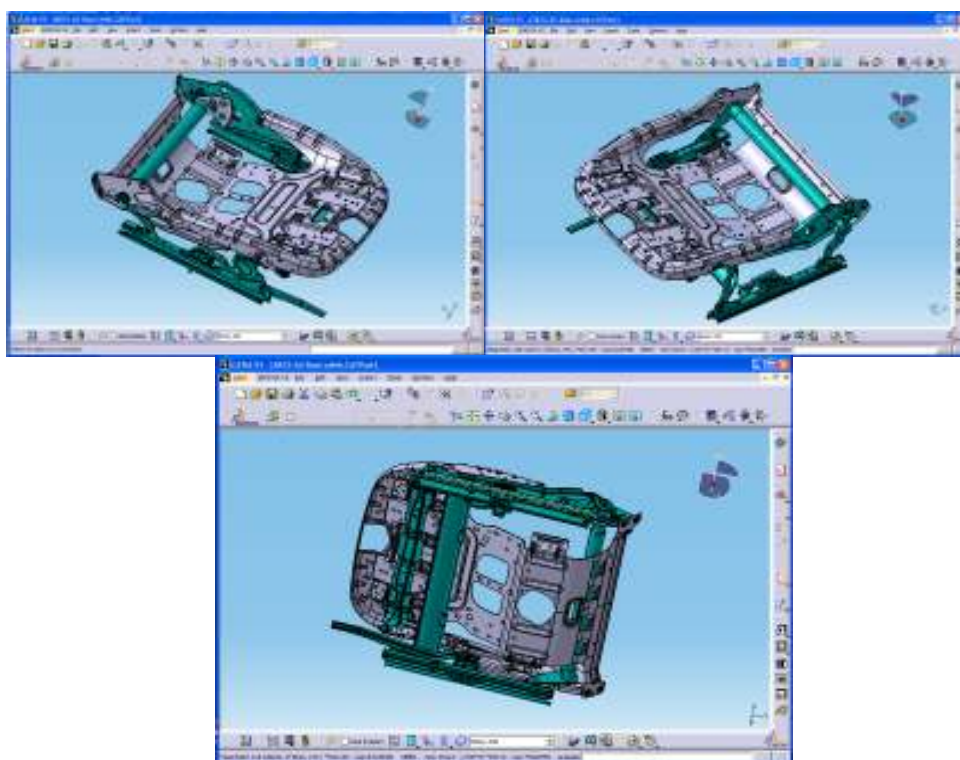
Obr. 4–3. Demontáž výchozího sedáku

4.1. Virtuální prototyp sedačky

Virtuální prototyp byl realizován v SW Catia V5 R16. Výchozí CAD data byla poskytnuta firmou ŠkodaAuto obr. 4–5.

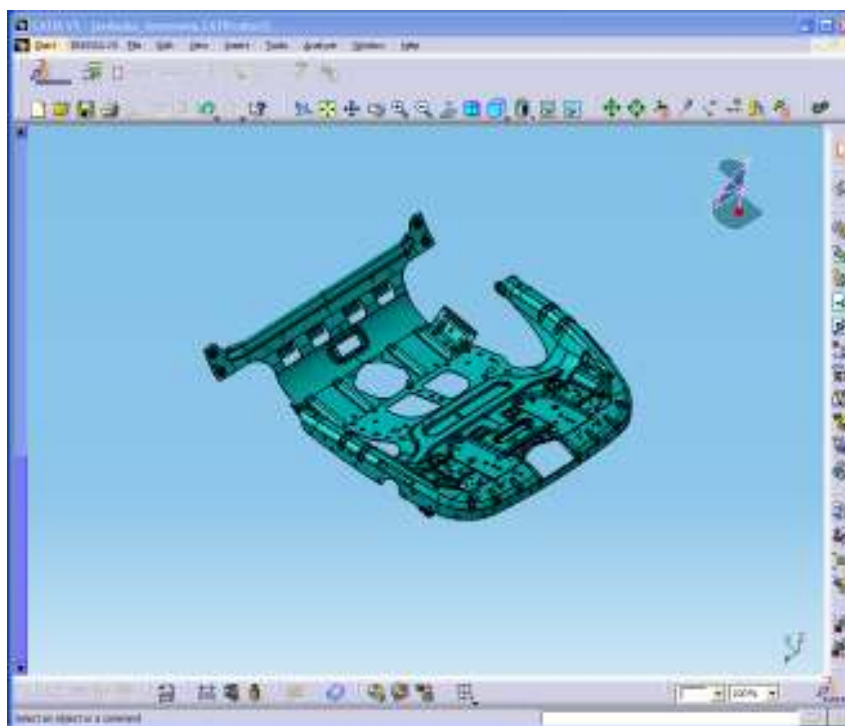


Obr. 4–4. Výchozí rám sedáku

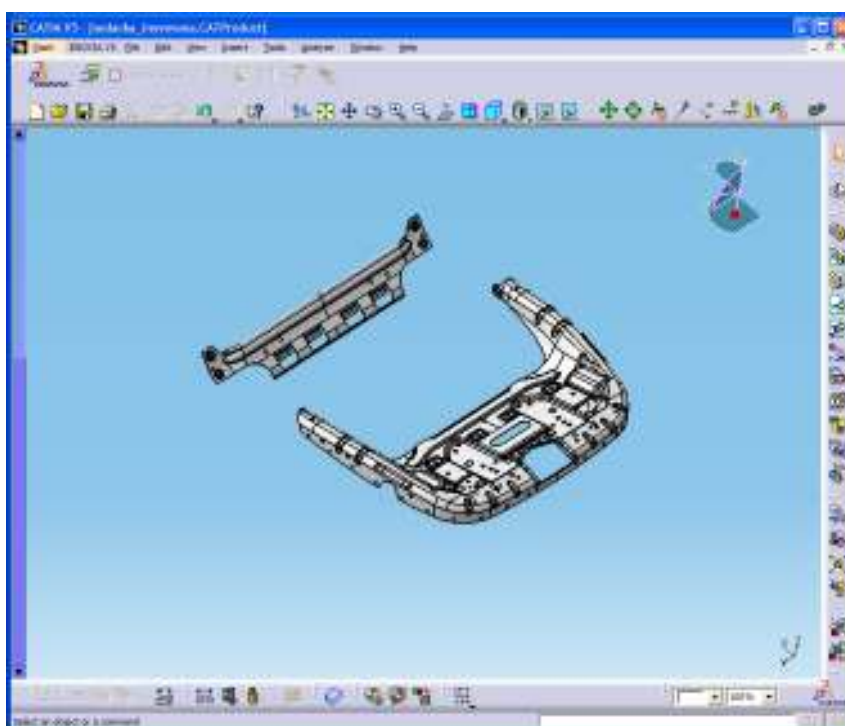


Obr. 4–5. Virtuální model výchozího rámu

Jak je patrné z obr. 4–6 a obr. 4–7 byla nejprve provedena úprava plechové vany



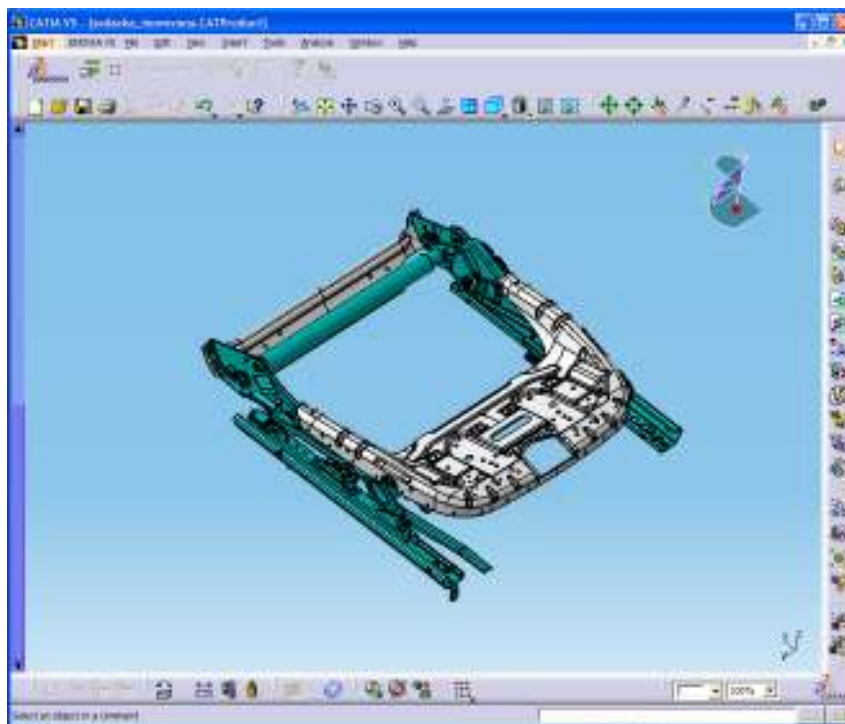
Obr. 4–6. Výchozí plechová vana



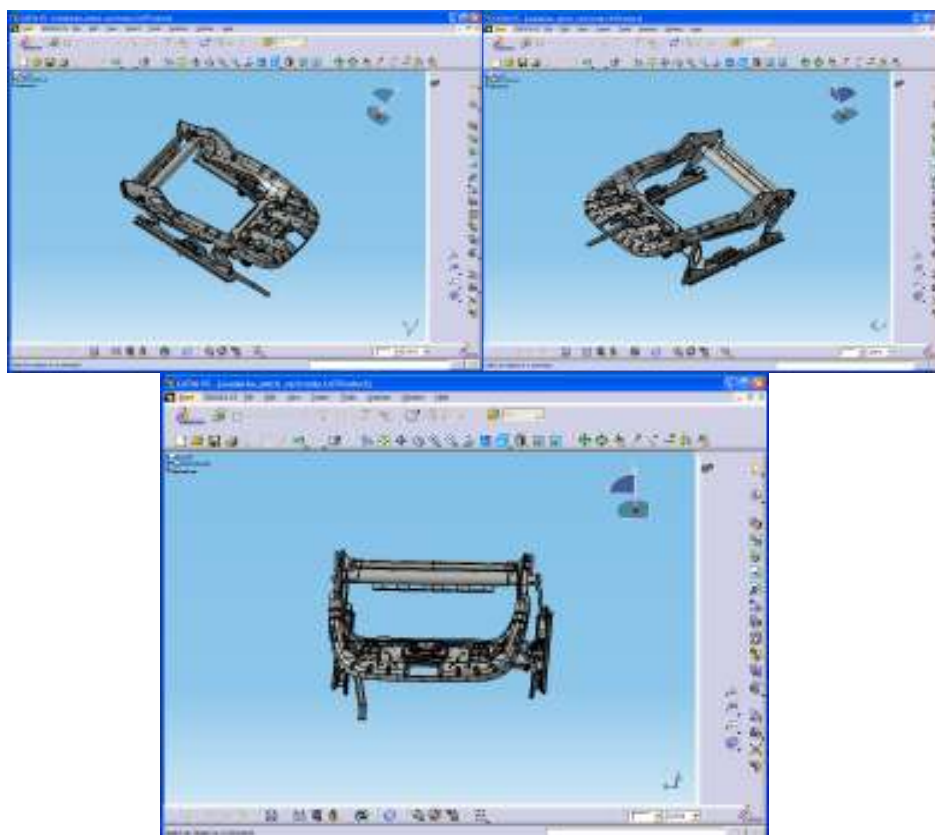
Obr.4–7. Upravená plechová vana



Upravená plechová vana byla opět připevněna do původního nezměněného rámu obr. 4–8 a obr. 4–9.

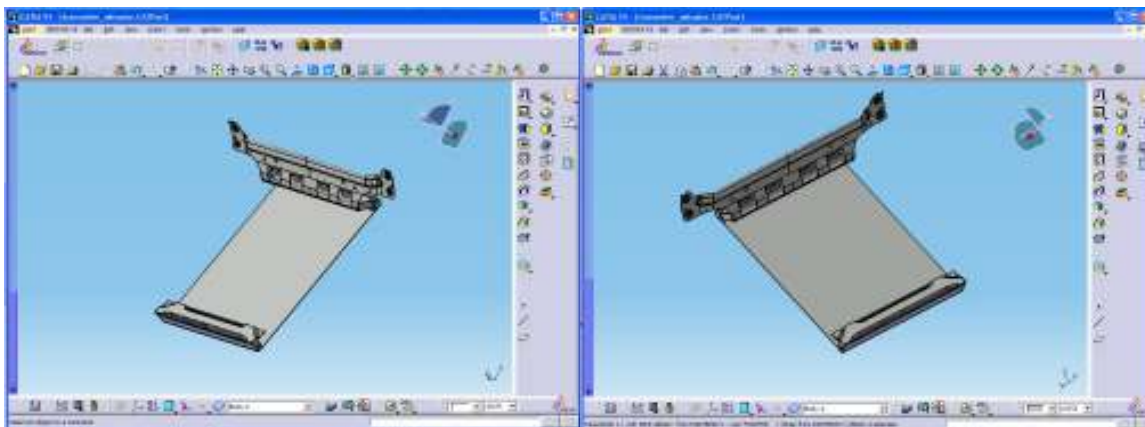


Obr. 4–8. Upravená vana v rámu

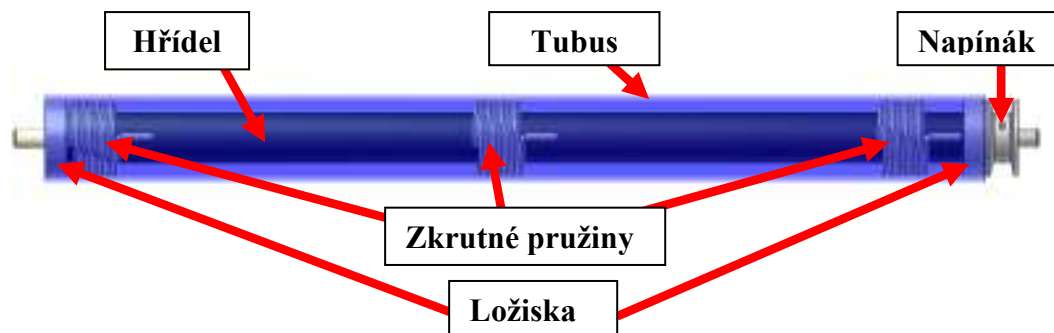


Obr. 4–9. Upravená vana v rámu – různé pohledy

Do vzniklého volného prostoru v plechové vaně byla navržena konstrukce transmiteru a aktuátoru, obr. 4–10 a obr. 4–11 (Viz. kapitola 3.4), tak aby nebyla změněna zástavbová výška celé sedačky. Transmitter byl vyroben z pevného ohebného materiálu (plochý řemen) ST – 06 od firmy RECO spol. s r.o, který byl upevněn klipy k rámu sedáku obr. 4–16. Aktuátor byl navržen jako mechanický skládající se z vinutých zkrutných pružin obr. 4-11.

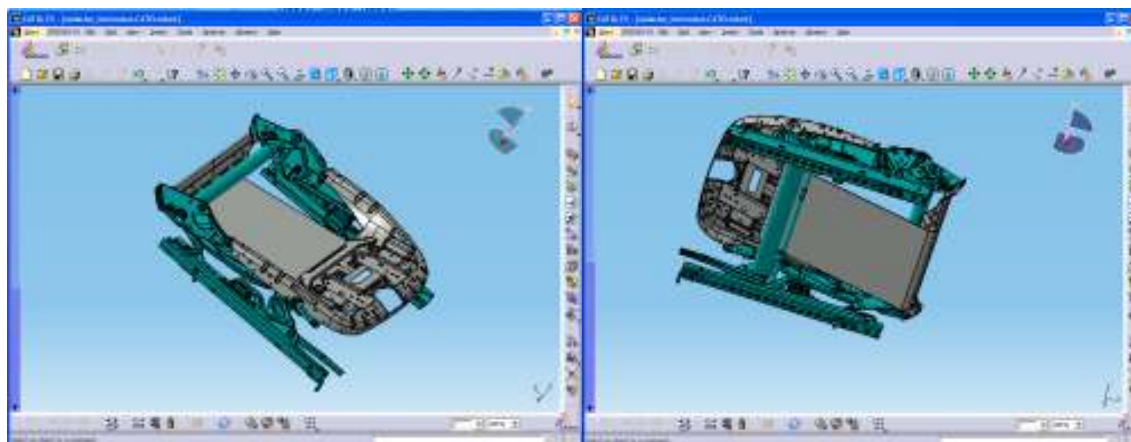


Obr. 4–10. Konstrukce transmiteru



Obr. 4–11. Konstrukce aktuátoru

Celkový virtuální návrh inovované sedačky je na obr.4–12.



Obr. 4–12. Celkový virtuální návrh inovované sedačky

4.2. Reálný prototyp

Následná realizace inovované sedačky již byla provedena standardním výrobním postupem. Realizace probíhala ve výrobním středisku laboratoře HDL. Výrobní kroky jsou názorně zobrazeny na obr. 4–13, obr. 4–14 a obr. 4–15.



Obr. 4–13. Výchozí rám s původní plechovou vanou



Obr. 4–14. Rám s upravenou plechovou vanou



Obr. 4–15. Upravený sedák a vyjmutá část plechové vany



Obr. 4–16. Transmitter s aktuátorem



Obr. 4–17. Celkový reálný prototyp inovovaného sedáku

Napínacího mechanismu je na obr. 4–18. Napínání se provádělo otáčením speciálního klíče. Poloha natočení středové tyče se zkrutnými pružinami bylo zajištěno aretačním kolíkem.



Obr. 4–18. Napínací mechanismus

Montáž inovované sedačky a realizační prototyp je na obr. 4–19



Obr. 4–19. Montáž inovované sedačky

Na obr. 4–20. je zkompletovaný inovovaný sedák připravený ke zkoušení.



Obr. 4–21. Zkompletovaný inovovaný sedák s transponderem a aktuátorem

4.3. Prototypové zkoušky inovované sedačky

Přehled programu prototypových zkoušek je v tab. 4–22. Byly zvoleny dvě varianty V4.1 a V4.2. Pro první variantu byla zvolena výchozí výplň P4.1. obr. 4–23. Pro druhou variantu byla snížena výška výchozí výplně o 25mm, snižovaná výplň P4.2 obr. 4–23. V každé variantě byly plánovány 3 typy zkoušek a to původní výchozí sedačka č. 4, obr. 4–27., se zamezením deformace plechu, dále původní výchozí sedačka a inovovaný sedák, obr. 4–30. a obr. 4–33. Tvarovka byla zvolena T5.1 a hmotnosti zátěže Z5.1 byly zvoleny v intervalu 13,53 až 73,35 kg s krokem cca 10 kg. Sedačky byly ustaveny do centrální polohy vůči nosnému rámu a do vodorovné polohy obr. 4–24. Tyto podmínky byly dodrženy u všech zkoušek.

Varianta				Zátěž Z5.1			
V.4.1.1	13,53	23,35	33,35	43,35	53,35	63,35	73,35
V.4.1.2	13,53	23,35	33,35	43,35	53,35	63,35	73,35

Varianta				Zátěž Z5.1			
V.4.2.1	13,53	23,35	33,35	43,35	53,35	63,35	73,35
V.4.2.2	13,53	23,35	33,35	43,35	53,35	63,35	73,35

Varianta				Zátěž Z5.1			
V.4.3.1	13,53	23,35	33,35	43,35	53,35	63,35	73,35
V.4.3.2	13,53	23,35	33,35	43,35	53,35	63,35	73,35

Tab. 4–22. Program prototypových zkoušek

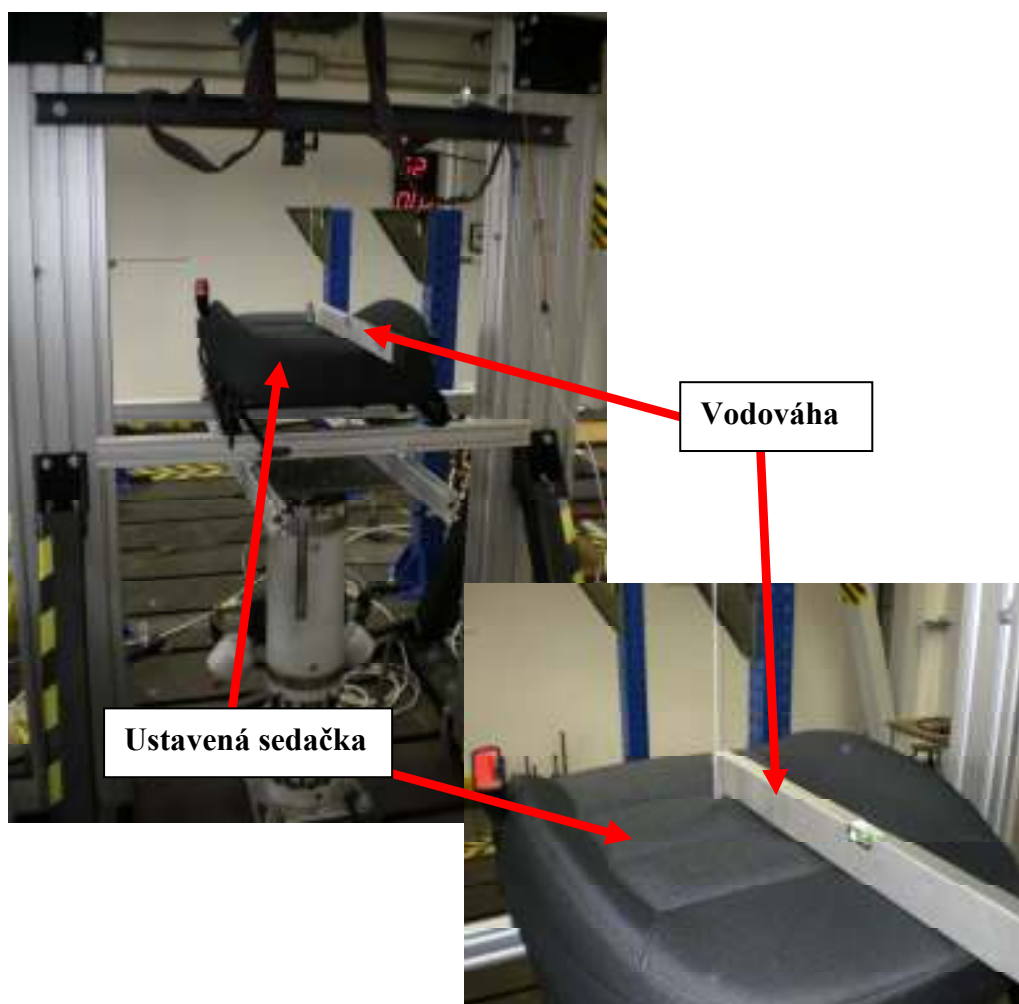


Obr. 4–23. Výchozí výplň P4.1 a snižovaná výplň P4.2

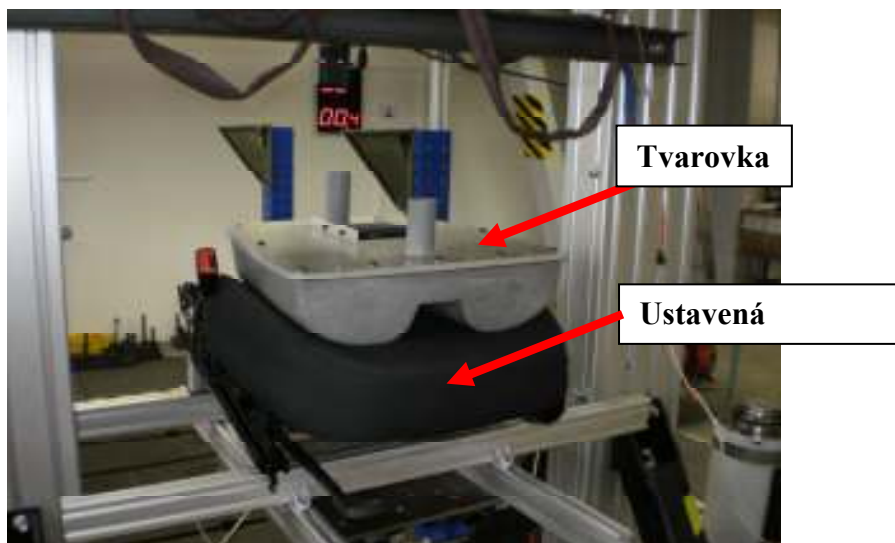
Na obr. 4–24. je znázorněno ustavení rámu. Jako kontrolní bod byl zvolen konstrukční otvor odpovídající ose sedáku. Tento otvor byl ztotožněn s osou HDB. Sedák byl následně uveden do vodorovné polohy. Stejným způsobem se postupovalo při všech zkouškách, obr. 4–27 , obr. 4–30 a obr. 4–33.



Obr. 4–24. Ustavení sedačky do měřené polohy

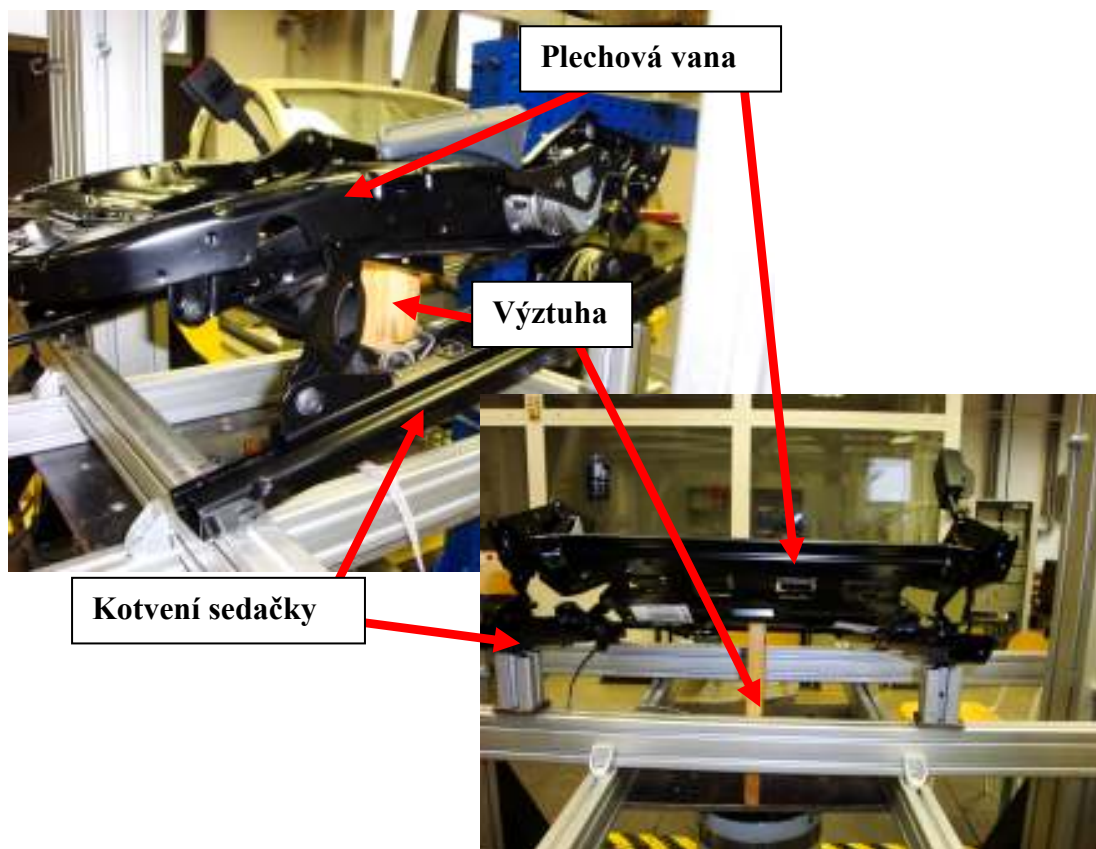


Obr. 4–25. Ustavení sedačky do vodorovné polohy



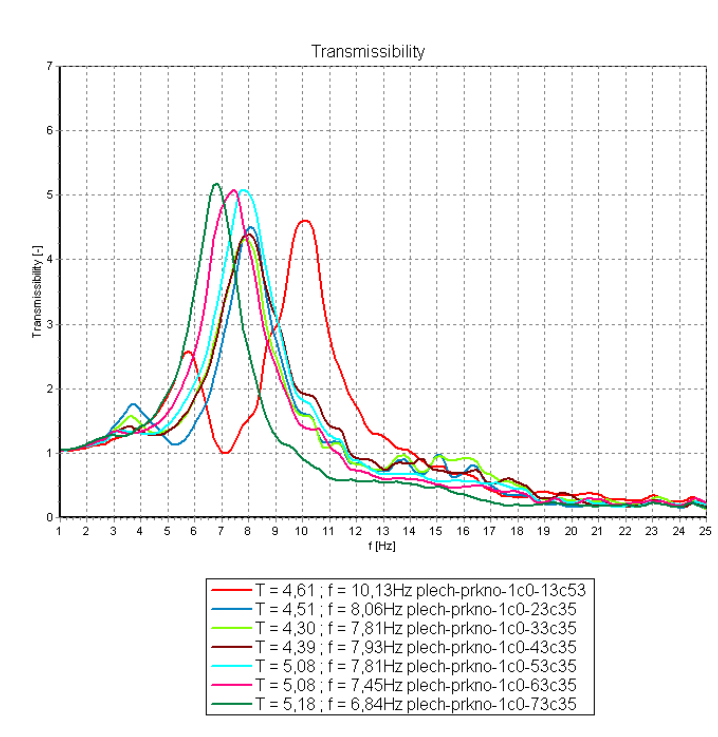
Obr. 4-26. Umístění tvarovky T 5.1

Zkoušky byly prováděny následovně. Nejprve probíhaly zkoušky výchozího sedáku s aretací plechové vany, tak aby bylo znemožněno její kmitání. V tomto případě se předpokládá, že rám a plechová vana jsou tuhá tělesa, čím bylo zamezeno jejich kmitání. Varianta V4.1 je na obr. 4-27.

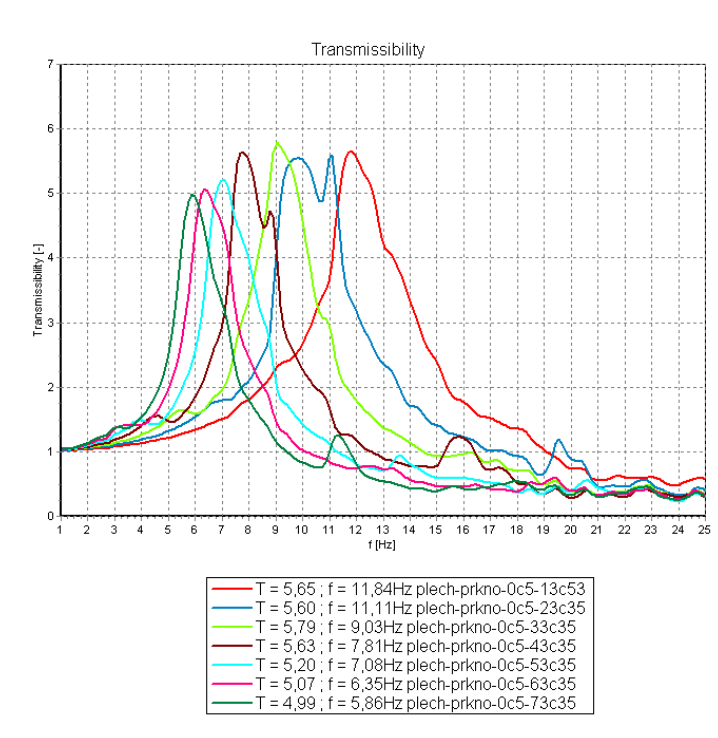


Obr. 4-27. Varianta zkoušek V4.1

Výsledky měření varianty V4.1 jsou uvedena na obr. 4–28. a obr. 4–29.

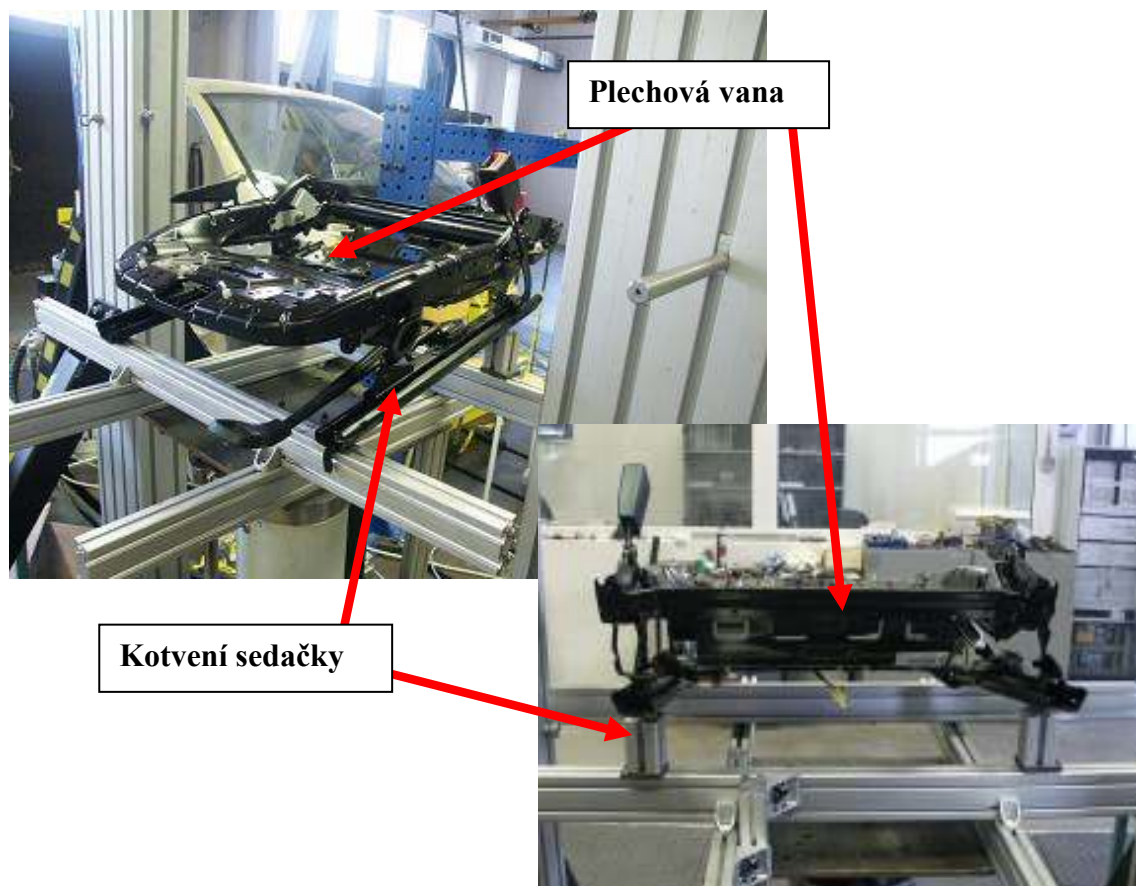


Obr. 4–28. Přenosové charakteristiky se zamezenou deformací plechové vany s výchozí výplní P4.1



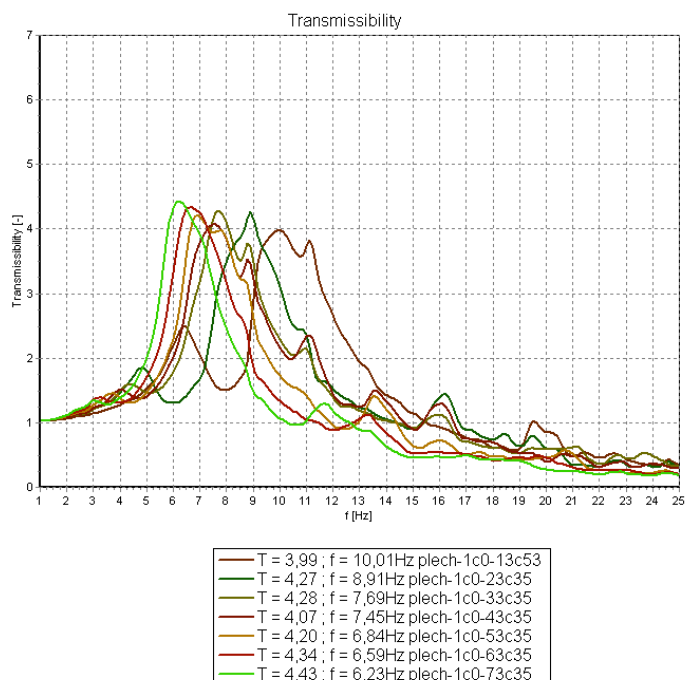
Obr. 4–29. Přenosové charakteristiky se zamezenou deformací plechové vany se sníženou výplní P4.2

Ve druhé variantě V4.2 byl zkoušen sedák ve výchozí podobě, teda tak jako v originální konstrukci. Varianta V4.2 je na obr. 4–30.

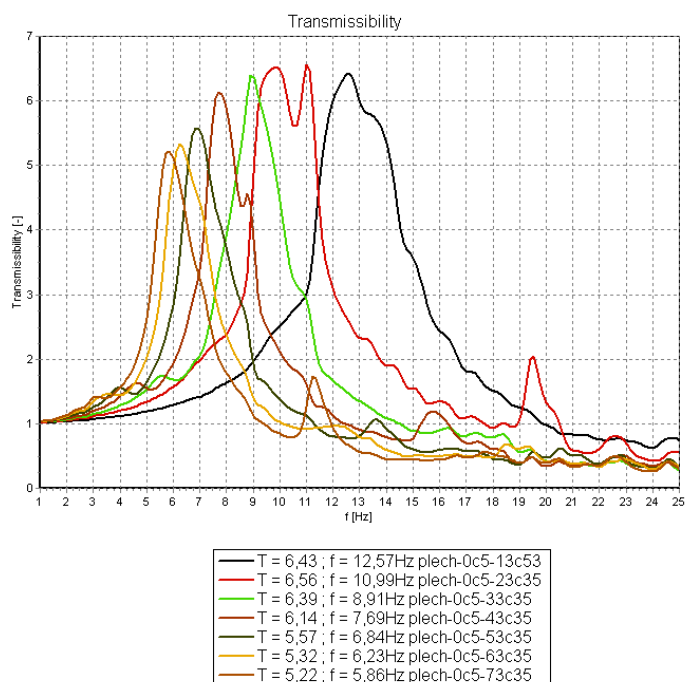


Obr. 4–30. Varianta zkoušek V4.2

Výsledky měření varianty V4.2 jsou uvedeny na obr. 4–31 a obr. 4–32.

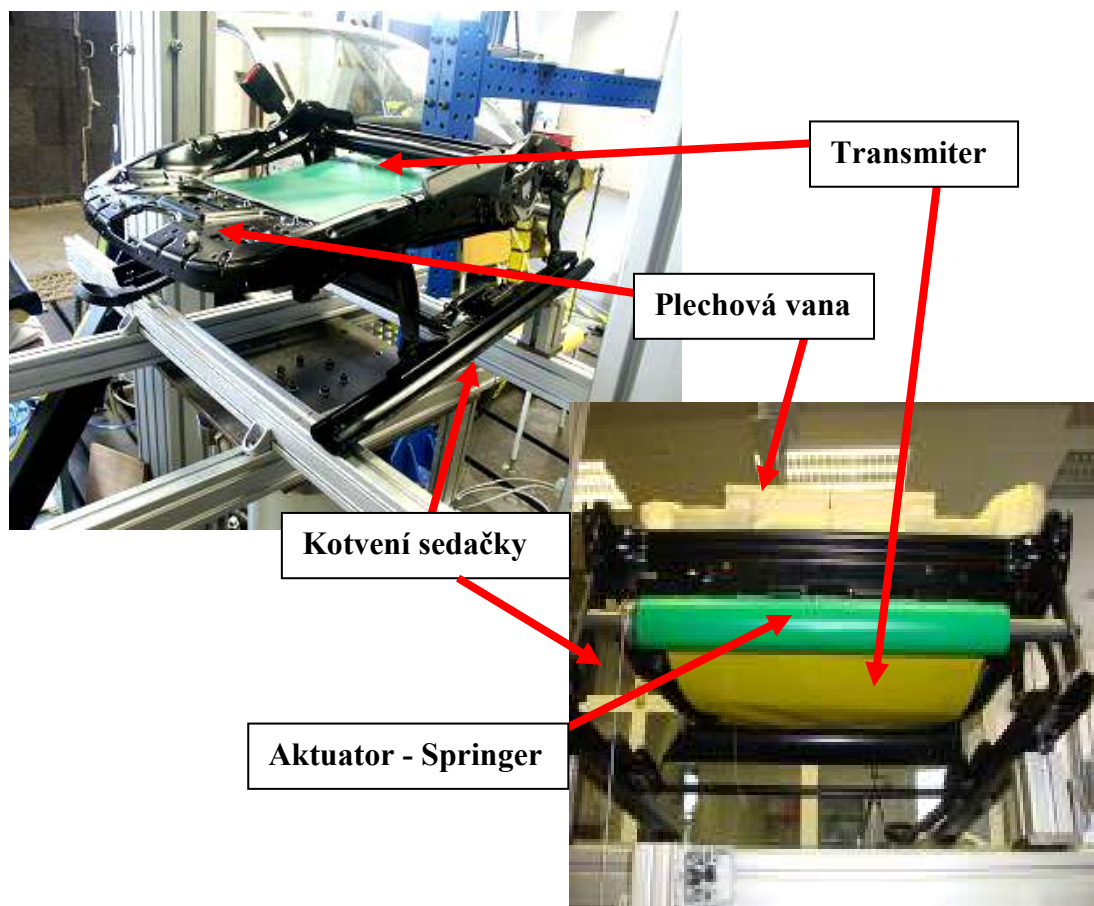


Obr. 4–31. Přenosové charakteristiky původní výchozí konstrukcí sedačky s výchozí výplní P4.1



Obr. 4–32. Přenosové charakteristiky původní výchozí konstrukcí sedačky se sníženou výplní P4.2

Poslední třetí varanta V4.3 je zobrazena na obr. 4–33. V této variantě byl zkoušen inovovaný sedák.



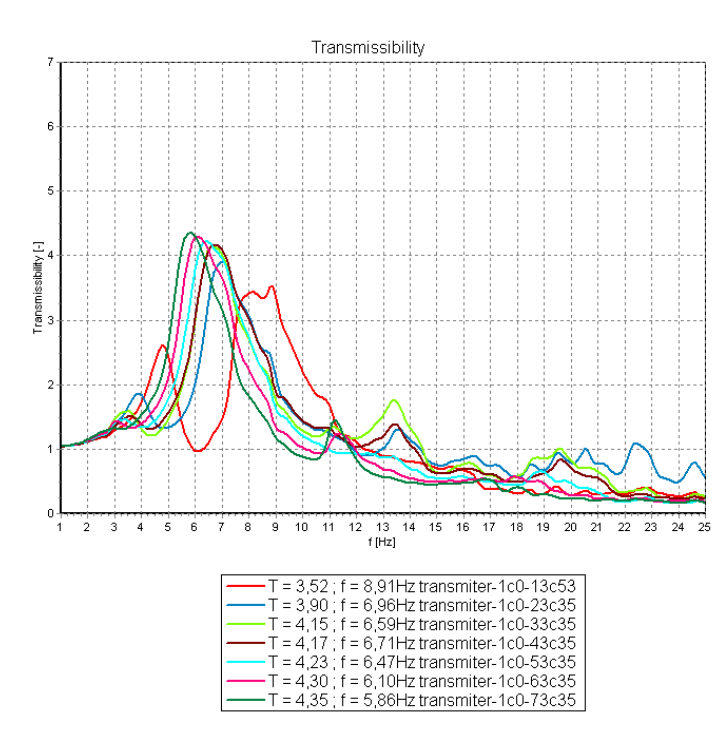
Obr. 4–33. Varianta zkoušek V4.3

Po provedení zkoušek byl zhotoven nový napínací mechanismus. Důvodem byla potřeba registrovat napínací sílu aktuátoru.

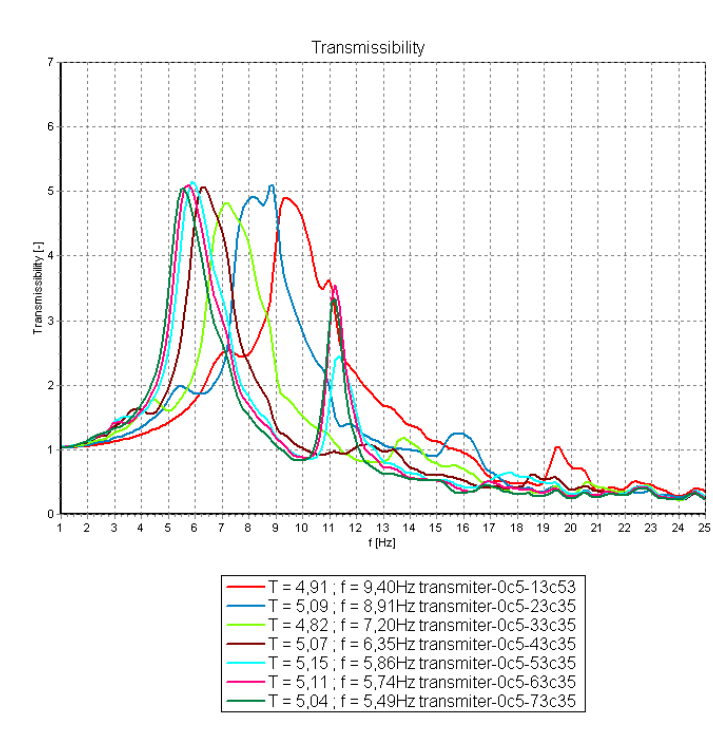


Obr. 4–34. Napínací mechanismus

Výsledky zkoušek varianty V4.3 jsou uvedeny na obr. 4–35., obr. 4–36.



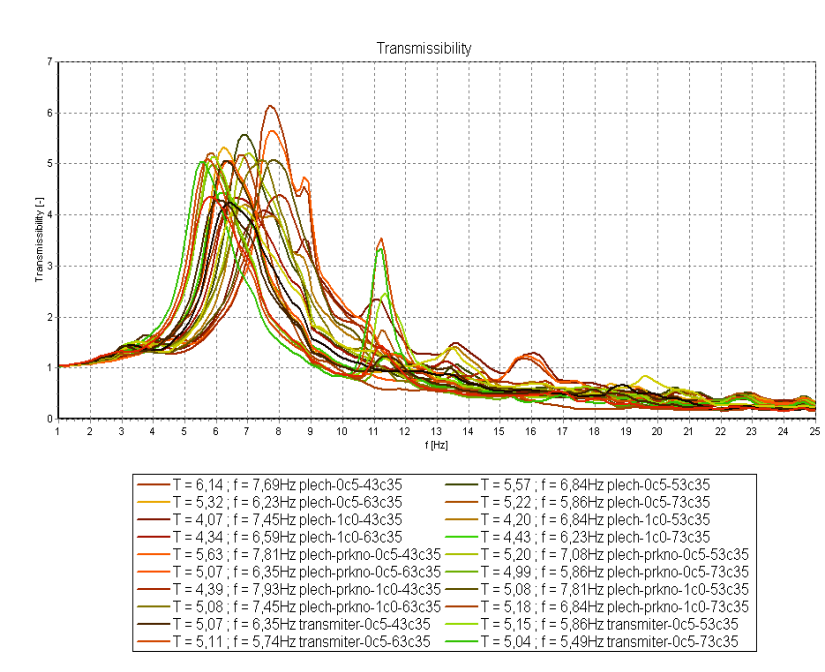
Obr. 4–35. Přenosové charakteristiky na inovované sedačce s aktuátorem s výchozí výplní P4.1



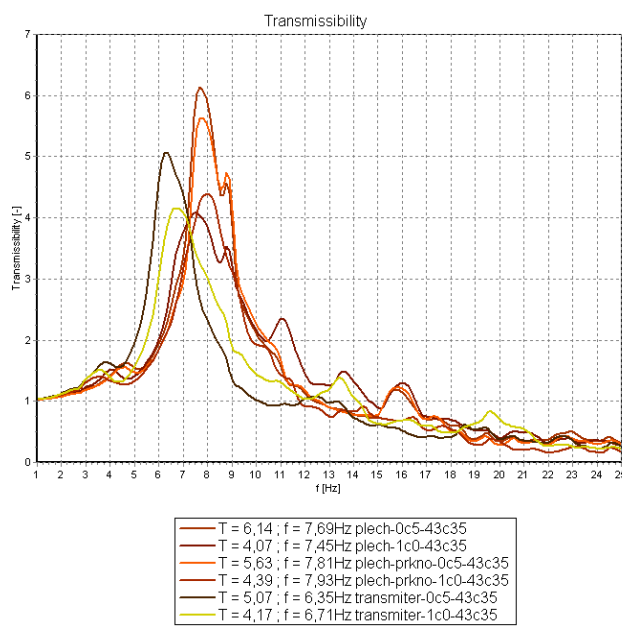
Obr. 4–36. Přenosové charakteristiky na inovované sedačce s aktuátorem se sníženou výplní P4.2

4.4. Závěr

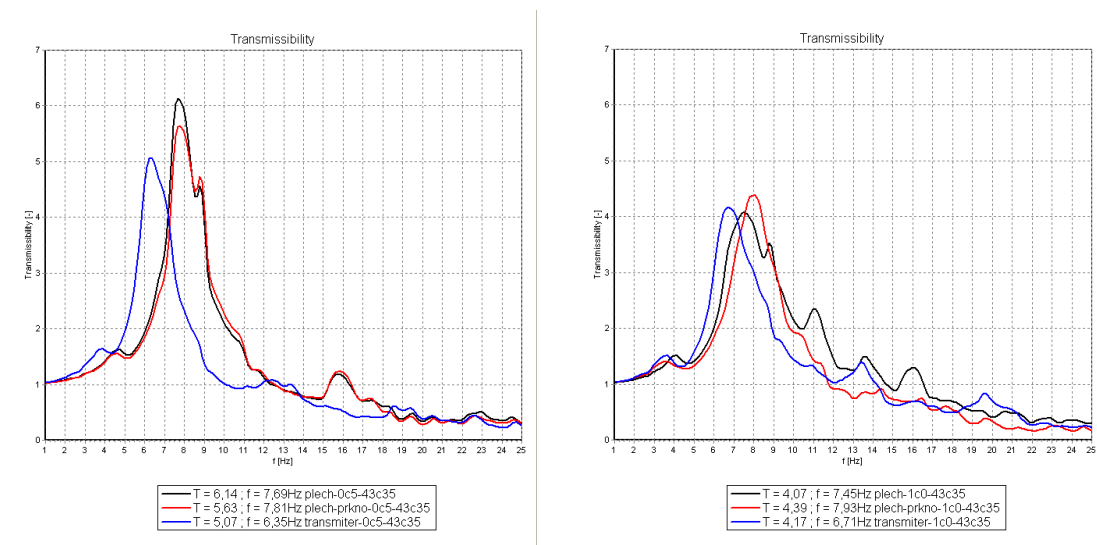
Na základě porovnání jednotlivých měření mohou být vyvozeny následující závěry. Na obr. 4–37 jsou uvedena v porovnání všechna měření V4.1.1 až V4.2.3. Velké množství křivek je v jednom obrázku obtížné porovnávat. Byla proto vybrána jedna referenční hmotnost $Z_{5.1} = 43.35 \text{ kg}$ obr. 4–38.



Obr. 4–37. Souhrn výsledků měření přenosu pro všechny varianty V4.1.1 až V4.2.3

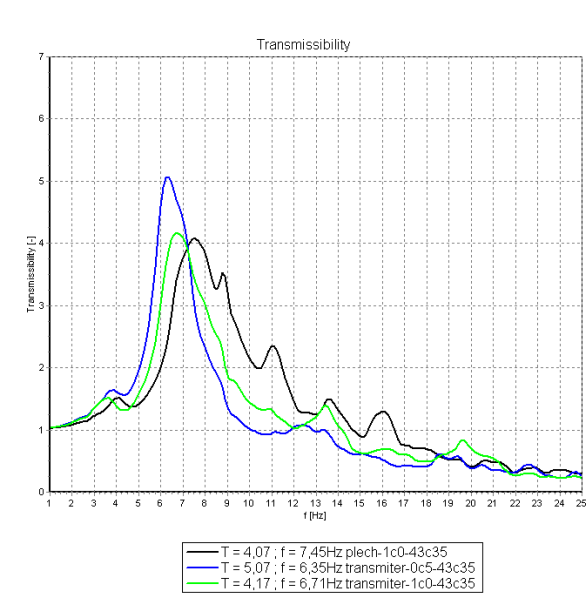


Obr. 4–38. Souhrn výsledků měření pro všechny varianty s referenční hmotností $Z_{5.1}=43,53 \text{ kg}$



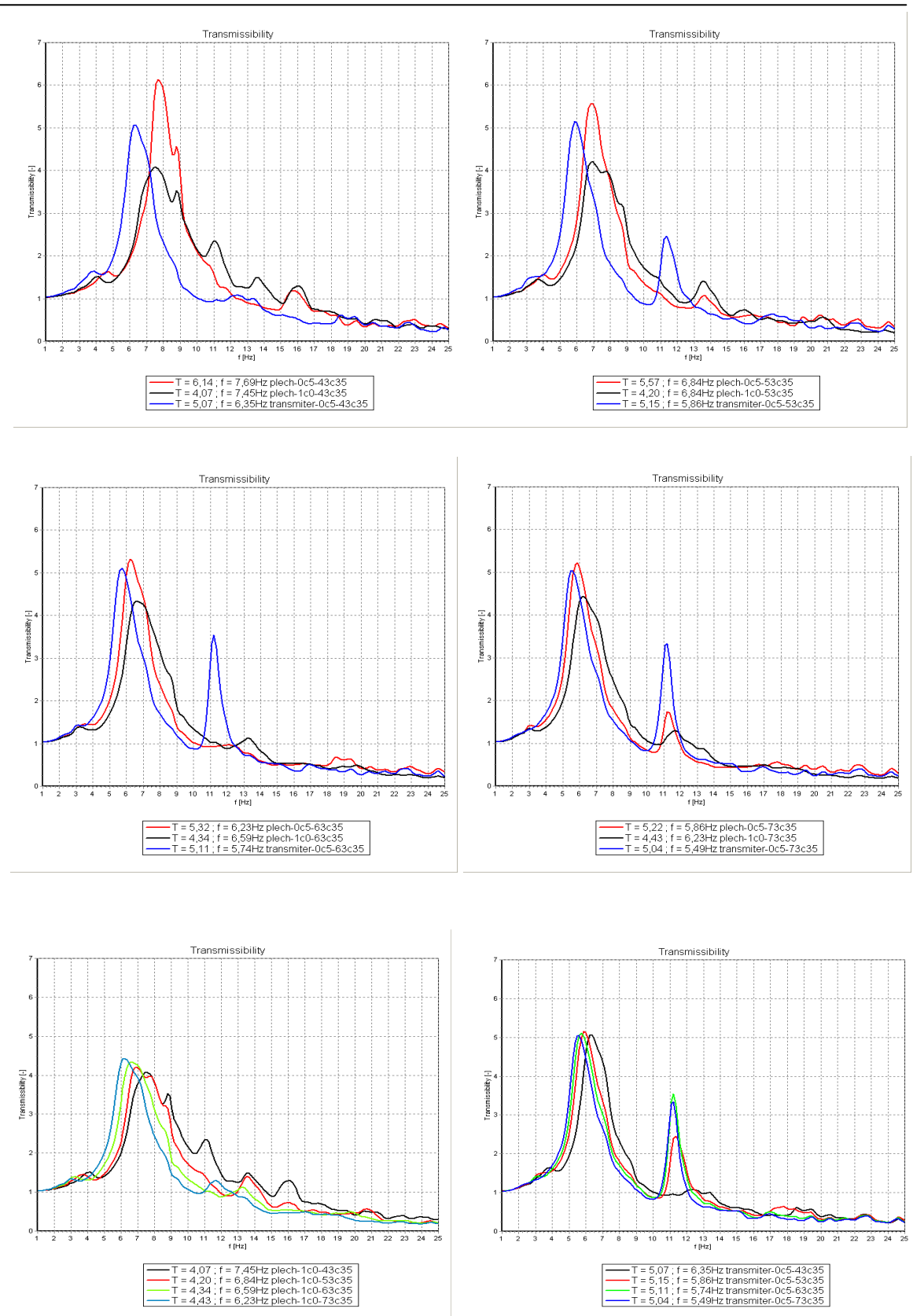
Obr. 4–39. Výsledky měření přenosů pro výplně P4.1 a P4.2 podle variant V4.1 až V4.3

Z obr. 4–40. vyplývá, že při použití aktuátoru se snižuje frekvence z $f = 7,45\text{ Hz}$ na $f = 6,35\text{ Hz}$, což je o $1,10\text{ Hz}$ méně. Každé snížení rezonančních frekvencí do oblasti méně citlivé pro lidské tělo (viz kap. 3.1) je výrazným zlepšením dynamického komfortu sedačky.



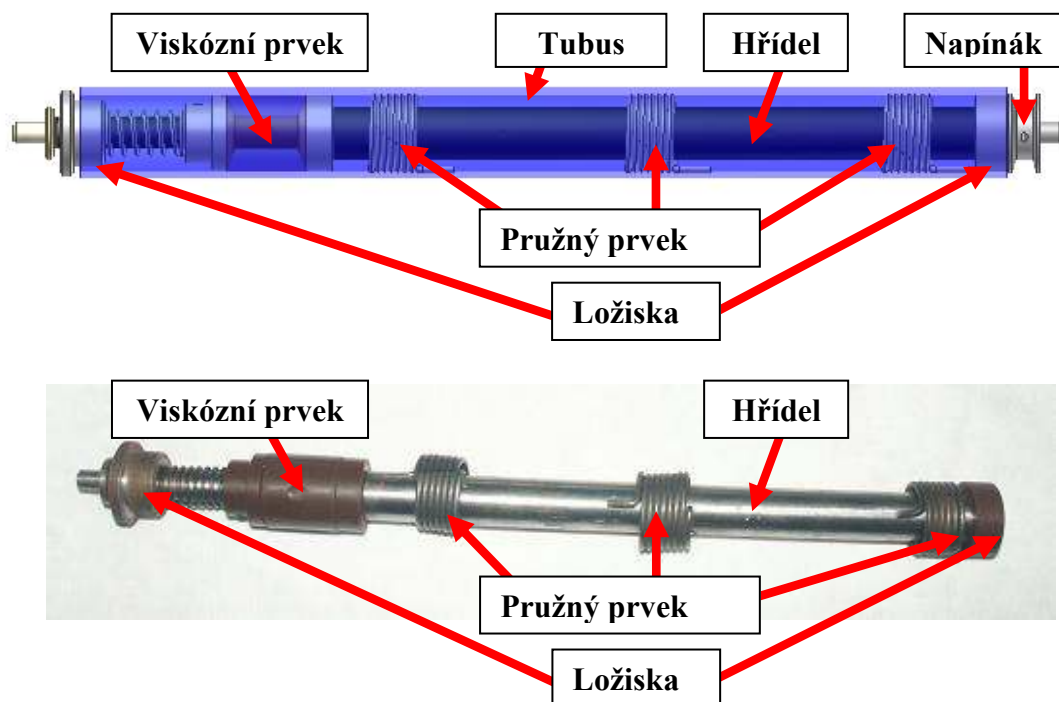
Obr.4–40. Výsledky měření pro výplň P4.1 dle varianty V4.2 a výplň P4.2 dle varianty V4.3

Dále je zřejmé z obr. 4–40, že výchozí sedák vykazoval hodnotu přenosu $T = 4,07$ při frekvenci $f = 7,45\text{ Hz}$, sedák se sníženou výplní $T = 6,14$ při frekvenci $f = 7,69\text{ Hz}$. Výrazně se zhoršily přenosové vlastnosti, tj. vyšší přenosy a nižší frekvence. Při použití aktuátoru je hodnota přenosu $T = 5,07$ při frekvenci $f = 6,35\text{ Hz}$. Tedy bylo dosaženo i u snížené výplně nižší frekvence o $1,10\text{ Hz}$ při vyšším přenosu o $1,0$. Při podrobné analýze zjišťujeme podobné závislosti byly dosaženy při všech zátěžích.



Obr. 4–42. Výsledky měření pro výplň P4.1 podle varianty V4.2 a výplň P4.2 podle varianty V4.3 pro zátěž $Z5.1 = 43,35 \div 73,35$ kg

Z výše uvedeného vyplývá, že změnu přenosových charakteristik je možné dosáhnout přidáním elastického prvku do soustavy sedačky. Tím ovlivníme frekvenční oblast soustavy. Doplněním viskózního prvku do soustavy můžeme ovlivnit velikost přenosu. Tím můžeme ovlivnit celkové vibroisolační vlastnosti soustavy. Byl navržen takový viskózní prvek, který je uveden na obr. 4–43. Nový aktuátor bude namontován do soustavy sedačky a budou provedeny zkoušky. Lze předpokládat, že při splnění teoretických předpokladů budou dosaženy navrhované vlastnosti soustavy. Dále navrhuji použít jako aktuátor mechatronický prvek s neomezenými možnostmi regulace jeho vlastností.



Obr. 4–43. Aktuátor s pružným a viskózním prvkem

Závěr

Hlavní cíle disertační práce, tj. realizace zkušebních zařízení a pracovišť, návrh a ověření zkušebních metodik pro analýzu interakce sedačky a pevné, nebo lidské zátěže a konstrukční inovace automobilové sedačky doplněním soustavy o pasivní prvky zvyšující její vibroisolační schopnosti, byly splněny.

Bylo navrženo několik původních zkušebních zařízení, z nichž některá jsou chráněna užitnými vzory. Jsou to:

- zkušební zařízení pro měření vzorků PU pěň
- zkušební zařízení pro měření vzorků potahů
- zkušební zařízení pro měření dvouosé napjatosti vzorků potahů
- zkušební zařízení pro měření kompletních sedaček
- zkušební zařízení pro měření kompletních sedaček v karosérii
- zkušební zařízení pro měření prodyšnosti potahu a výplně sedáku.

Zkušební zařízení se stala základem jednotlivých pracovišť pro měření vlastností materiálů, jednotlivých součástí a uzlů sedaček a celých automobilových sedaček v hydrodynamické laboratoři Technické univerzity v Liberci. Pro měření na jednotlivých pracovištích byly navrženy a realizovány jednotlivé zátěže, měřicí řetězce, testovací signály, metodiky pro měření a zpracování signálů.

Velká pozornost byla v práci věnována návrhu a ověření zkušebních metodik pro analýzu interakce sedačky s lidskou zátěží potřebných k získání vhodných parametrů pro objektivní hodnocení kvality (komfortu) sedaček. Při všech měřeních byly navržené metodiky důsledně dodržovány.

V další části práce byla rozpracována teoretická východiska pro návrh vícevrstvého sedáku automobilové sedačky. Pro zvolené okrajové podmínky byla určena silová charakteristika výplně sedáku, vyrobené z materiálu s přibližně lineární charakteristikou a stanoveny vibroizolační parametry (tuhost a tlumení) sedáku. Vlastní řešení bylo provedeno pro dvě vrstvy.

V závěru obsahuje práce konstrukční inovaci vybrané automobilové sedačky. Byl navržen virtuální model sedačky a vyroben i odzkoušen její reálný prototyp. Sestava sedačky byla originálně doplněna o pasivní prvky zvyšující její vibroisolační schopnosti.

Výsledky zkoušek reálného prototypu inovované sedačky potvrdily teoretická východiska pro návrh vícevrstvého sedáku.

Podrobné zhodnocení uskutečněné práce a dosažených výsledků v jednotlivých etapách řešení jsou v závěru každé kapitoly.

Dosažených poznatků bude možné využít při vývoji nových konstrukcí sedaček nebo i při inovaci již vyráběných sedaček. Ukazuje se, že měřením a prováděním podrobné analýzy získaných výsledků bude možné definovat kritéria kvality sedaček a připravovat zdrojová data pro simulační procesy. Jsem přesvědčen, že inovace automobilových sedaček z hlediska komfortu sezení a bezpečnosti má i v nejbližší budoucnosti velkou perspektivu.



Literatura:

- [1] FLIEGEL, V.: Study of car seat and human rheology. In *Sborník 46. mezinárodní konference kateder částí a mechanismů strojů*, TU v Liberci. 2005. s. 125 – 128. ISBN 80-213-1523-7
- [2] MARTONKA, R. – ZŮBEK, T.: Modulus of elasticity in pension of rubber- textile determination. *Acta Mechanica Slovaca*, Košice: EAN 2006, Iss. Viena, 2006. vol. 10, No. 1, p. 337-340. ISSN 1335-2393 (50%/50%)
- [3] MARTONKA, R. – ŽÁK, J.: Creating of FE model of textile cord tensile test for comparison with experimental results. In *Vědecká pojednání*. Technická univerzita v Liberci, červenec 2006, roč. XII/2006. s. 248-252. ISSN 80-7083-966-X (50%/50%)
- [4] MARTONKA, R.: Comfort and safety of driver – test device. In *Sborník 47. mezinárodní konference kateder částí a mechanismů strojů*, ČZU v Praze. 2006. s. 204-207. ISBN 80-213-1523-7 (100%)
- [5] FLIEGEL, V.: Creation optimal conditions seating – necessary requirement development mobile vehicles. In *Sborník 47. mezinárodní konference kateder částí a mechanismů strojů*, ČZU v Praze, 2006. s. 74-76. ISBN 80-213-1523-7
- [6] FLIEGEL, V.: Sit quality – decrease tiredness driver. In *Sborník 47. mezinárodní konference kateder částí a mechanismů strojů*, ČZU v Praze, 2006. s. 71-73. ISBN 80-213-1523-7
- [7] MARTONKA, R.: Innovation elements in subject bases of design. In *Sborník příspěvků ELEARN 2006*, Žilinská univerzita v Žilině. Únor 2006. s. 147-149. ISBN 80-8070-505-4 (100%)
- [8] FLIEGEL, V.: Diagnostic Techniques – Vibration Test Device Car Seat. In *6. mezinárodní konference PROCEEDINGS*. Kaunas University of Technology, Lithuania. s. 43-44. ISSN 1822-1262
- [9] MARTONKA, R. – FLIEGEL, V.: Construction vibratory device – Forces effect in joints members. In *Zb. Medzin. konferencie Modelovanie mechanických a mechatronických sústav MAMS'2007*, TU Košice, UVZ Herľany, 17-19. 10. 2007.. AT&P Journal Plus. ISSN 1336-5010. (50%/50%)
- [10] FLIEGEL, V. – MARTONKA, R.: Biomechanics system – human and seat. In *Zb. Medzin. konferencie Modelovanie mechanických a mechatronických sústav MAMS2007.*, TU Košice, UVZ Herľany, 17. - 19.10.2007. AT&P Journal Plus. ISSN 1336-5010. (50%/50%)
- [11] FLIEGEL V.: Sit quality – testing on people. In *Zb. abstraktov 48. Medzin. konf. kateder částí a mechanizmov strojov 2007 + CD*, STU Bratislava Smolenice 12.9. – 14. 9. 2007, s. ISBN 978-80-227-2708-2
- [12] MARTONKA, R.: Comfort and safety of driver - mobile test device. In *5th International PhD Conference on Mechanical Engineering (PhD 2007)* . September 6.-8., 2007, Pilsen, Czech Republic. ISBN 978-80-7043-597-7 (100%)
- [13] MARTONKA, R.: Tutorial of object basis construct for student internal and combination studies. In *Mezinárodní konference eLearn 2007*. TU Žilina, 5.-6.2.2007. ISBN 978-80-8070-645-6 (100%)



- [14] MARTONKA, R.,: Realizácia skúšobného vibračného zariadenia. (Realization of testing vibration device.) In Zb. abstraktov 48. Medzinárodni. vedecké konferencie katedier častí a mechanizmov strojov, Bratislava Smolenice 12.-14. 9. 2007 . ISBN 978-80-227-2708-2 (100%)
- [15] FLIEGEL, V. - MARTONKA, R.: Automobile seats - simulation characteristics seats. *Acta Mechanica Slovaca*, 2008, roč.12, 3-B, s. 187-196. ISSN 1335-2393. (50%/50%)
- [16] FLIEGEL, V. - MARTONKA, R.: Experimental measuring properties of filling material car seat – measuring device. *Acta Mechanica Slovaca*, 2008, roč. 12, 3-B, s. 541-546. ISSN 1335-2393. (50%/50%)
- [17] FLIEGEL, V. - MARTONKA, R.: Forces and kinematic analysis damping cushion of car seat. In *Sborník 49. Mezinárodní konference částí a mechanismů strojů, 8.-10. září 2008, Srní*, Plzeň: ZU v Plzni, 2008, s. 167-170. ISBN 978-80-7043-718-6. (50%/50%)
- [18] MARTONKA, R - FLIEGEL, V.: Characteristics properties of PU foam. In *Sborník 49. Mezinárodní konference částí a mechanismů strojů, 8.-10. září 2008, Srní*, Plzeň: ZČU v Plzni, 2008, s. 59-61. ISBN 978-80-7043-718-6. (50%/50%)
- [19] FLIEGEL, V. - MARTONKA, R.: Automobile seats – energy methods measurement. In *Zb. Medzin. konferencie Modelovanie mechanických a mechatronických sústav MMaMS'2009, 22-24. 9. 2009, Zemplínská Šírava*. Košice: TU Košice, 2009, Metalurgija , s. 199-203. ISSN 0543-5846. (50%/50%)
- [20] FLIEGEL, V. - MARTONKA, R.: Mechanical vibration – Human response to vibration. In *Proceedings of the 8th international conference VIBROENGINEERING 2009, 16.-18.9. 2009, Klaipeda*. Klaipeda: Klaipeda university, 2009, Journal of Vibroengineering 2009 , p. 19-21. ISSN 1822-1262.(50%/50%)
- [21] MARTONKA, R - NOVÁK, O.: Construction effect automobile seat on its dynamic behaviours. In *Proceedings of the 8th international conference VIBROENGINEERING 2009, 16.-18.9. 2009, Klaipeda*, Klaipeda: Klaipeda university, 2009, Journal of Vibroengineering 2009, p. 31-33. ISSN 1822-1262.(50%/50%)
- [22] MARTONKA, R - FLIEGEL, V.: Experimental measuring properties of visco-elastic material – measuring device, 50. *Mezinárodní konference částí a mechanismů strojů, 8.-10. září 2009, Terchová*, Žilina: TU v Žilině, 2009, čl. 37. ISBN 978-80-554-0081-5, (50%/50%)
- [23] CIRKL, D.: Mechanické vlastnosti polyuretanové pěny nterakce Disertační práce . TU v Liberci , KMP, Liberec 2000, s. 130
- [24] PETŘÍK, J.: Interakce automobilové sedačky a zátěže. Disertační práce. TU v Liberci , KMO, Liberec 2008, s. 125
- [25] RADUŠOVÁ, M.: Marketingový průzkum komfortu sedění v automobilu . Bakalářská práce. TU v Liberci, KHT, Liberec 2009, s. 47

Výzkumné zprávy:

- [26] FLIEGEL, V. - BARBORA, J. - ZŮBEK, T. - PETŘÍK, J. - MEVALD, J. - CIRKL, D. - FRIDRICHOVÁ, L.: Metodika hodnocení sedaček a experimentálního postupu [Výzkumná zpráva]. Liberec, TU , Fakulta strojní, 2005. VYZ2005.001. 96 s.



- [27] FLIEGEL, V. - BARBORA, J. - ZŮBEK, T. - PETŘÍK, J. - MEVALD, J. - CIRKL, D. - FRIDRICHOVÁ, L.: Metodika hodnocení sedaček a experimentálního postupu [Výzkumná zpráva]. Liberec, TU, Fakulta strojní, 2005. VYZ2005.002. 87 s.
- [28] FLIEGEL, V. - BARBORA, J. - ZŮBEK, T. - PETŘÍK, J. - MEVALD, J. - CIRKL, D. - FRIDRICHOVÁ, L.: Analýza možnosti zdokonalení sedaček [Výzkumná zpráva]. Liberec, TU, Fakulta strojní, 2005. VYZ2005.003. 98 s.
- [29] FLIEGEL, V. - CIRKL, D. - PETŘÍK, J. - MARTONKA, R. Spolupráce ve vývoji automobilových sedaček, hodnocení vlastností z hlediska komfortu a bezpečnosti. [Výzkumná zpráva]. Liberec, TU, Fakulta strojní, 2006. VYZ2006.001. 133 s.
- [30] FLIEGEL, V. - CIRKL, D. - PETŘÍK, J. - MARTONKA, R. - NOVÁK, O. Vliv frekvenčních přenosových charakteristik v systému člověk sedačka [Výzkumná zpráva]. Liberec, TU, Fakulta strojní, 2007. VYZ2007.001. 93 s.
- [31] FLIEGEL, V. - PETŘÍK, J. - MARTONKA, R. - NOVÁK, O. Testování a vývoj sedaček pro SK 461. [Výzkumná zpráva]. Liberec, TU, Fakulta strojní, 2008. VYZ2008.001. 81 s.

Monografie:

- [32] MASNFIELD, N. J. : Human response to vibration, CRC Press, 2005
- [33] GRIFFIN, M. J. : Handbook of Human vibration, Human Factors Research Unit, Institute of Sound and Vibration Research, The University, Southampton, UK, 2004

Užitné vzory:

- [34] FLIEGEL V., MARTONKA R.: Zkušební vibrační plošina, zejména pro měření vlivu vibrací na člověka. 2008-19802, TU v Liberci, Liberec, č.zápisu 18505 (50%/50%)
- [35] FLIEGEL V., MARTONKA R.: Sedačka, zejména automobilová sedačka. 2008-19999, TU v Liberci, Liberec, č.zápisu 18730 (50%/50%)
- [36] FLIEGEL V., MARTONKA R.: Sedačka, zejména automobilová sedačka. 2009-20804, TU v Liberci, Liberec, č.zápisu 19429 (50%/50%)

Normy:

- [37] ČSN ISO 10326: Vibrace – Laboratorní metoda hodnocení vibrací vozidlových sedadel
- [38] ČSN EN ISO 3385: Měkké lehčené polymerní materiály – Stanovení únavy při konstantní zátěži
- [39] ČSN EN ISO 2439: Měkké lehčené polymerní materiály – Stanovení tvrdosti vtlačováním
- [40] ČSN EN ISO 13490: Vibrace – Manipulační vozíky – Laboratorní hodnocení a specifikace vibrací na sedadle obsluhy
- [41] ČSN EN ISO 7096: Stroje pro zemní práce – laboratorní hodnocení přenosu vibrací sedadlem obsluhy
- [42] ČSN EN ISO 1032: Vibrace – Zkoušení mobilních strojů pro účely určení emisních hodnot vibrací
- [43] ČSN EN ISO 13090: Vibrace a rázy – pokyny pro bezpečnostní hlediska zkoušek a pokusů na lidech